



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

Larissa Negrís de Souza

**O PROGRAMA DE NECESSIDADES DA
ARQUITETURA ESCOLAR E O AUXÍLIO DA
REALIDADE AUMENTADA**

CAMPINAS

2023

Larissa Negrís de Souza

O PROGRAMA DE NECESSIDADES DA ARQUITETURA ESCOLAR E O AUXÍLIO DA REALIDADE AUMENTADA

Tese de Doutorado apresentada a Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, para obtenção do título de Doutora em Arquitetura, Tecnologia e Cidade na área de Arquitetura, Tecnologia e Cidade.

Orientador: Prof. Dr. Daniel de Carvalho Moreira

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA LARISSA NEGRIS DE SOUZA E ORIENTADA PELO PROF. DR. DANIEL DE CARVALHO MOREIRA

ASSINATURA DO ORIENTADOR

CAMPINAS

2023

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Elizangela Aparecida dos Santos Souza - CRB 8/8098

So89p Souza, Larissa Negrís de, 1993-
O programa de necessidades da arquitetura escolar e o auxílio da realidade aumentada / Larissa Negrís de Souza. – Campinas, SP : [s.n.], 2023.

Orientador: Daniel de Carvalho Moreira.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Representação gráfica. 2. Realidade aumentada. 3. Arquitetura escolar.
4. Projeto arquitetônico - Metodologia. I. Moreira, Daniel de Carvalho, 1971-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: School architecture briefing assisted by augmented reality

Palavras-chave em inglês:

Graphic representation

Augmented reality

School architecture

Architectural project - Methodology

Área de concentração: Arquitetura, Tecnologia e Cidade

Titulação: Doutora em Arquitetura, Tecnologia e Cidade

Banca examinadora:

Daniel de Carvalho Moreira [Orientador]

Doris Catharine Cornélie Knatz Kowatowski

Frederico Braida Rodrigues de Paula

Núbia Bernardi

Arivaldo Leão de Amorim

Data de defesa: 20-10-2023

Programa de Pós-Graduação: Arquitetura, Tecnologia e Cidade

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: 0000-0002-8306-5883

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/7826437981170160>

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade De Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

**O PROGRAMA DE NECESSIDADES DA ARQUITETURA
ESCOLAR E O AUXÍLIO DA REALIDADE AUMENTADA**

Larissa Negrís de Souza

Tese de Doutorado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:

Prof. Dr. Daniel de Carvalho Moreira
Presidente e Orientador/ Universidade Estadual de Campinas

Profª. Dra. Doris Catharine Cornélie Knatz Kowaltowski
Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dr. Frederico Braidá Rodrigues de Paula
Universidade Federal de Juiz de Fora

Profª. Dra. Núbia Bernardi
Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dr. Arivaldo Leão de Amorim
Universidade Federal da Bahia

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

Campinas, 20 de outubro de 2023

Dedicatória

Aos meus pais, que sempre me incentivaram a questionar.

À minha irmã, companheira em cada resposta.

E aos que acreditam nas perguntas da ciência.

Agradecimentos

Como pessoas, não nos bastamos e nem fazemos nada completamente sozinhos. Inspirada nas perguntas que geram pesquisas, eu uso destas, agora, para agradecer.

Onde eu teria chegado nessa caminhada sem meus pais e minha irmã para me abraçarem e darem segurança em cada decisão?

De que outra maneira minhas dúvidas seriam validadas de forma tão empoderadora e libertadora não fosse pelo meu orientador, Daniel Moreira?

Como dez meses na Alemanha teriam feito sentido não fossem os novos caminhos apresentados pelo meu orientador, Uwe Wössner, e o que eu teria feito sem colegas tão abertos e interessados em compartilhar como aqueles que encontrei no HLRS?

De que forma se fortaleceria essa pesquisa não fosse o suporte e curiosidade do Lucca Paiva, por meio de iniciação científica, ao desenvolvimento da minha ideia?

O que eu usaria como exemplo constante de ensino, não fossem professores com quem conversei e que tanto me ensinaram no processo?

Como eu alcançaria esse ponto sem as pausas para espairecer e voltar com mais intensidade para meu trabalho não fossem meus amigos e colegas?

Qual seria minha força não fosse o poder inexplicável de Deus em minha vida?

Agradecimentos Institucionais

Agradeço à FAPESP pelo financiamento da pesquisa de Doutorado (Processo nº 2018/15863-8 – julho/2019 a outubro/2023) e pelo financiamento da BEPE associada (Processo nº 2020/03775-7 – junho/2022 a março/2023)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 (março/2019 a junho/2019)

RESUMO

O programa arquitetônico é a etapa inicial do processo de projeto. Nessa fase estão concentradas definições de prioridades, regras, funções e tipos de relações existentes com uma análise aprofundada do contexto, necessidades e objetivos. Os arquitetos são responsáveis por estruturar essas informações graficamente. Apesar do uso de métodos tradicionais de desenho permanecer importante como habilidade dos arquitetos, a introdução de tecnologias computacionais desde etapas iniciais do projeto é uma oportunidade para explorar aplicações ainda não consideradas. Uma das formas de aproximar a visibilidade da informação arquitetônica, no geral, dos arquitetos é através do uso de tecnologias imersivas como a Realidade Virtual e Aumentada (RVA). A RA especificamente permite a coexistência da interação entre os meios virtual e real, e esse estudo considera que há o potencial para ampliar seu uso. Ainda assim, o programa é geralmente negligenciado na maior parte das análises computacionais, em especial no âmbito de RVA; tanto pesquisas quanto a prática se concentram majoritariamente na apresentação e representação de espaços projetados ou materializados. Em fases iniciais, representações gráficas incluem apenas formas abstratas, diagramáticas ou pré-arquitetônicas, contrastando com etapas de projeto nas quais o foco se encontra no estudo e na definição da forma geométrica. A abordagem principal da pesquisa é a associação entre métodos tradicionais aplicados graficamente no programa e os benefícios de um projeto digital ao trabalhar com complexidade de dados de uma forma sistemática e integrada. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a representação gráfica do programa arquitetônico e verificar sua inclusão em RA. Para tanto, indica-se a utilização de Parâmetros de Projeto escolares (PPs), que geraram elementos básicos (EBs) tridimensionais, como forma de limitar o escopo da pesquisa. A metodologia de *Design Science Research* (DSR) estruturou-se em estudos de linguagem visual. Os resultados advindos de avaliações de uso dizem respeito dados quantitativos de perfil dos usuários e análises qualitativas combinando esse fator com a utilização da ferramenta e informações sobre o conhecimento prévio de RVA e outros softwares digitais 3D. Foi possível também quantificar a carga de trabalho (NASA-TLX) na utilização do aplicativo, instalado em tablets, o que demonstrou maior demanda mental. A necessidade de reconhecimento de conceitos e sua aplicação, com suas regras de manuseio específicos, foi uma das maiores demandas dos usuários. Por outro lado, a performance foi o indicador com menor pontuação, o que demonstra que a utilização do artefato para executar a tarefa possui baixos níveis de estresse. Conclui-se que essa pesquisa auxiliou na proposição e desenvolvimento de um novo método de abordagem a etapa de programa de necessidades, contribuição essencialmente voltada a concepção arquitetônica. Com base em elementos gráficos e tecnológicos já existentes, uma percepção remodelada dessa etapa foi proposta, o que foi reconhecido pelos usuários. A inclusão de tais dados em RA destaca a importância da atualização da abordagem ao programa arquitetônico, desenvolvendo novas formas de abstração e representação gráfica dentro de um contexto digital, abrindo caminhos de conexão tecnológica entre fases iniciais e posteriores do projeto.

Palavras-chave: programa de necessidades. representação gráfica. Realidade Aumentada. arquitetura escolar. parâmetros de projeto.

ABSTRACT

Building design conception starts with the architectural program, also known as the brief. Efforts in the program concentrate on developing basic ideas that establish priorities, rules, functions, and relationships after analysis of context, needs, and goals. Architects work on the interpretation and graphic organization of such content. Although playing a major role in architects' skills, the use of traditional methods of representation can incorporate computational technologies at the early stages of design, as an opportunity to explore novel applications not yet considered. Overall, an attempt to bring architectural information visually closer to designers is applying immersive technologies such as Virtual and Augmented realities (VAR) during design stages. AR specifically allows the coexistence of virtual and real-world interactions, and this study sits within an understanding that there is the potential for broadening its application. Lack of computational analysis during briefing remains, particularly in terms of VAR usage. Research and practice have consistently concentrated particularly on the presentation or simulation of spaces. In the initial stages, graphic representations include only abstract, diagrammatic, pre-architectonic shapes, in contrast with design phases where geometry study and definition are the centers of interest. The research approach is to couple traditional methods of representing briefing information and digital design benefits to address complex data in a more systematic and integrated way. Our goal was to characterize the graphic representation of the architectural program and verify its inclusion in the AR dimension. To do so, we indicate a research approach towards School Design Patterns (DP), which gave rise to 3D Basic Elements (BEs), limiting our research focus. This work presents a Design Science Research (DSR) methodology, and its framework evolves around visual language studies. Results from use tests show quantitative data of users' profiles. We analyzed the influence of such aspects on tool usage, considering qualitative data such as expertise with VAR technologies or other 3D software. Task workload was also measured via the NASA-TLX method. Following the completion of the activity using tablets, the factor with the highest score was the mental demand, due to the need to learn and memorize new concepts and rules proposed by this research. A positive outreach was the frustration lower score, which proved that dealing with this new proposal and tool was not stressful after all. As a conclusion, we indicate that this study set out to propose and develop a new method to approach the briefing design, based on existing graphic elements and technologies. Coupling these aspects led to a different perception and new kinds of abstractions in a digital context, noticed by the users. Further work will need to be done to move forward the debate concerning technological connections between the early and later stages of architecture.

Keywords: *architectural program. graphic representation. Augmented Reality. school architecture. design patterns.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Assuntos abordados na pesquisa.....	20
Figura 2 - Síntese do processo metodológico da pesquisa.....	21
Figura 3 - Representação do desenvolvimento do programa arquitetônico por linguagem gráfica bidimensional	29
Figura 4 - Representação do desenvolvimento do programa arquitetônico por linguagem gráfica tridimensional imersiva - Realidade Aumentada	29
Figura 5 - Representação Realidade Aumentada imersiva	30
Figura 6 - Representação de Realidade Aumentada não imersiva	30
Figura 7 – Etapas do processo de projeto arquitetônico	32
Figura 8 – Distribuição de artigos por etapa do processo de projeto	53
Figura 9 – Ferramentas de análise de adjacência - 1) Matriz de relacionamentos (45°); 2) Diagrama de Bolhas; e 3) Diagrama de Zoneamento.....	56
Figura 10 – Linguagem gráfica utilizada nos diagramas para o programa de necessidades -	57
Figura 11 – Elementos visuais principais para representação, de acordo com Dondis (2003) e Ching (2008).....	69
Figura 12 – Formas de combinação para representação, de acordo com Dondis (2003) e Ching (2008)	71
Figura 13 – Parâmetros de projeto para a arquitetura escolar – PP10 (esquerda) e PP18 (direita).....	76
Figura 14 - Exemplo de preenchimento da tabela de análises de elementos básicos e PPs.....	77
Figura 15 – As cinco categorias dos PPs.....	80
Figura 16 - Indicação da existência de elementos básicos por parâmetros de projeto	81
Figura 17 – Elementos visuais considerados nos EBs bidimensionais	82
Figura 18 – Formas de combinação considerados nos EBs bidimensionais.....	82
Figura 19 – Elementos básicos e sua representação gráfica	83
Figura 20 – Tipo de representação gráfica dos EBs por categoria.....	84
Figura 21 – Representação inicial PPs 3D vista em perspectiva.....	93
Figura 22 – Elementos visuais considerados nos EBs tridimensionais.....	94
Figura 23 – Formas de combinação consideradas nos EBs tridimensionais	94
Figura 24 – Subdivisão da categoria Áreas	96
Figura 25 – Planos Exterior (maior, embaixo) e Interior (menor, em cima) a serem associadas aos marcadores como base de cena e conexão ao mundo real.....	96
Figura 26 – Diferentes combinações de planos de referência Exterior e Interior.....	96
Figura 27 – Subdivisão da categoria Agrupamento.....	97
Figura 28 – Subdivisão da categoria Cuidado e Conforto	98
Figura 29 – Diagrama de contexto	103
Figura 30 – Modelo de dados – Diagrama UML – versão inicial e simplificada.....	105
Figura 31 – Diagrama de casos de uso do produto	106
Figura 32 – Diagrama UML de Classes	108
Figura 33 – Persona 1 Linha do tempo 1 Cenário 1	110
Figura 34 – Persona 2 Linha do tempo 2 Cenário 2.....	110
Figura 35 – Persona 3 Linha do tempo 3 Cenário 3.....	111
Figura 36 – Persona 4 Linha do tempo 4 Cenário 4.....	111
Figura 37 – Representar a necessidade da ferramenta – Método de descrição passo-a-passo da atividade	113
Figura 38 – Representar a necessidade da ferramenta – Método de rede hierárquica – tradicional (superior) e por aplicação (inferior).....	114

Figura 39 – Representar a necessidade da ferramenta – Fluxograma de decisões	115
Figura 40 – Logo do Forme na horizontal, vertical e ícone, em monocromia e em cor.....	118
Figura 41 – Fluxograma de decisões – atualizado	119
Figura 42 – Protótipo fidedigno da interface com destaque às indicando as linhas de conexão entre as telas	121
Figura 43 - Ferramenta para desenvolvimento de RA – A-Frame/Glitch	122
Figura 44 - Ferramenta para desenvolvimento de RA – Unity/Vuforia.....	123
Figura 45 – Interface Unity - <i>Scene</i> (esquerda, acima), <i>Game</i> (esquerda, abaixo), <i>Hierarchy</i> (centro, acima), <i>Project</i> (centro, abaixo) e <i>Inspector</i> (direita)	125
Figura 46 – Marcadores RA – EB “Externo” (acima) e EB “Interno” (abaixo).....	126
Figura 47 – Possibilidades de detecção de proximidade.....	128
Figura 48 – Matriz de adjacência ou de relacionamento – Interface Unity.....	128
Figura 49 – Modelo de organização das ferramentas – Tablet e marcadores RA em visão lateral (à esquerda) e visão frontal (à direita)	129
Figura 50 – Tela com exemplos de EBs	129
Figura 51 – Interface Revit com destaque à conexão com o plug-in OpenCover	131
Figura 52 – Interface Revit (direita), Dynamo (esquerda, abaixo) e OpenCOVER (direita, acima)...	132
Figura 53 – Interface da área de edição dos Tipos de Família com destaque ao Tipo, Família, Dimensões e conexão com marcador.....	133
Figura 54 – Distribuição de Família-Tipo-Instância na área de trabalho do Revit com destaque aos pares de informação referentes aos Tipos, Famílias e Dimensões	134
Figura 55 – Informações das instâncias destacando dados em linha (parâmetros) e coluna (instâncias)	135
Figura 56 – Matriz de Relacionamentos e distância entre elementos (diagonal indica simetria).....	135
Figura 57 – Mapa de calor para visualização de Matriz de Relacionamento em 3D com seta indicando direção de afastamento do item selecionado	136
Figura 58 – Instalação com webcam para rastrear RA	137
Figura 59 – Teste de detecção e visualização de RA com marcadores físicos.....	137
Figura 60 – Conjunto de marcadores físicos	138
Figura 61 – Interface Miro com exemplo de disposição de EBs 3D da categoria “áreas” em vista de topo (acima) e perspectiva (ao centro) e teste reverso (abaixo), acompanhado de legenda de cores	140
Figura 62 – EBs e notas com seus nomes na interface do Tinkercad.....	141
Figura 63 – Estudos com diagramas 3D no Tinkercad	141
Figura 64 – Estudo com diagramas 3D no Revit	142
Figura 65 – Diagramas 3D no Revit contendo todos os EBs propostos.....	142
Figura 66 – Evolução da ideia projetual no Tinkercad	143
Figura 67 – Projeto arquitetônico proposto em planta (acima), diagrama de variação de planta (abaixo)	145
Figura 68 – Perspectiva da solução apresentada no concurso.....	146
Figura 69 – Disposição das ferramentas para teste	157
Figura 70 – Informações de projeto fornecidas aos participantes	158
Figura 71 – Distribuição de participantes por Gênero	160
Figura 72 – Distribuição de participantes por Idade	160
Figura 73 – Distribuição de participantes por Ano de Formação.....	161
Figura 74 – Distribuição de participantes por frequência de uso de recursos digitais 3D no trabalho	162
Figura 75 – Tipos de recursos digitais 3D utilizados no trabalho, pelos participantes.....	162
Figura 76 – Distribuição de participantes por frequência de uso de outros recursos digitais 3D	163

Figura 77 – Distribuição de tecnologias com as quais os participantes possuem familiaridade.....	164
Figura 78 – Distribuição de etapas do processo de projeto com as quais os participantes trabalham .	164
Figura 79 – Média das pontuações por indicador	166
Figura 80 – Posicionamento do marcador em RA gerando visualizações em 2D (fotos acima) e 3D (fotos abaixo).....	172
Figura 81 – Posicionamento do tablet para mudança na visualização. À esquerda: tablet apoiado sobre a mesa; ao centro: tablet sendo erguido; à direita: usuário em pé	173
Figura 82 – Interação e inclusão de EBs durante o desenvolvimento do projeto	174

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Parâmetros de projeto de Nair; Fielding; Lackney (2013).....	27
Quadro 2 – Parâmetros de projeto e representações (Souza, 2018)	43
Quadro 3 – Lista de elementos básicos dos parâmetros de projeto.....	78
Quadro 4– Parâmetros de projeto - redesenho.....	86
Quadro 5 – Lista de eventos	104
Quadro 6 – Diretrizes estéticas para a identidade visual	117
Quadro 7 – Evolução do plano de massas para plantas-baixas e perspectivas no Revit*.....	144
Quadro 8– Cenas da aplicação	148
Quadro 9 – Quadro de anotações.....	168
Quadro 10 – Soluções apresentadas pelos usuários por tipo de abordagem do conteúdo	176
Quadro 11 – Cenas da aplicação atualizadas.....	180
Tabela 1 – Interpretação de pontuação NASA-TLX	165
Tabela 2 – Resultados NASA-TLX	166

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
API	<i>Application Platform Interface</i>
APO	Avaliação Pós-Ocupação
APK	<i>Android Application Pack</i>
AV	Ambiente Virtual
BEPE	Bolsa de Estágio de Pesquisa no Exterior
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BUC	<i>Business Use Case</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
EB	Elemento Básico
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FDE	Fundação para o Desenvolvimento da Educação
HLRS	<i>High-Performance Computing Center</i>
HMD	<i>Head Mounted Display</i>
IC	Iniciação Científica
IHC	Interação Humano-Computador
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
LAMPA	Laboratório de Automação e Metodologia de Projeto em Arquitetura
MEC	Ministério da Educação
PP	Parâmetro de Projeto
POO	Programação Orientada a Objeto
RA	Realidade Aumentada
RM	Realidade Mista
RMVA	Realidade Mista, Virtual e Aumentada
RV	Realidade Virtual
SDK	<i>Software Development Kit</i>
UI	<i>User Interface</i>
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
VIS	<i>Visualization Department</i>
XR	Realidade Estendida

SUMÁRIO

14	APRESENTAÇÃO	16
	DEFINIÇÕES E CONCEITOS	18
1	INTRODUÇÃO	20
1.1	OBJETIVO	23
1.1.1	Objetivo Geral	23
1.1.2	Objetivos Específicos	23
1.2	JUSTIFICATIVA	24
2	MOTIVAÇÃO	31
2.1	ARQUITETURA	31
2.1.1	Complexidade arquitetônica	33
2.1.2	Comunicação visual no projeto	34
2.1.3	Desenvolvimento e análise: método de projeto	36
2.1.4	Programa arquitetônico e suas especificidades	38
2.1.5	Arquitetura escolar	40
2.2	TECNOLOGIA	48
2.2.1	Arquitetura e projeto digital	50
2.2.2	Realidade Aumentada no projeto arquitetônico	51
2.3	COMUNICAÇÃO	58
2.3.1	Dinamicidade e linguagem	60
2.3.2	Expressão visual	65
3	OBJETIVOS DA SOLUÇÃO	72
4	DESENVOLVIMENTO PROJETUAL	74
4.1	DEFINIÇÕES SOBRE OS ELEMENTOS BÁSICOS	75
4.1.1	A linguagem do método	75
4.2	DEFINIÇÕES E REQUISITOS PARA O ARTEFATO	99
4.2.1	Requisitos gerais	99
4.2.2	Requisitos funcionais: o sistema	102
4.2.3	Requisitos não-funcionais: a interface	108
4.2.4	Modelagem e visualização	121
5	SIMULAÇÃO	130
5.1	TESTE DE CONCEITO	130
5.1.1	Expansão da ideia	131
5.1.2	Aplicação em projeto	138
5.2	O ARTEFATO	146
5.2.1	Funcionamento do artefato: passo-a-passo	147
6	AVALIAÇÃO	155
6.1	APLICAÇÃO DOS TESTES	155
6.1.1	Estrutura e ferramentas do teste	156
6.2	RESULTADOS DOS TESTES	159
6.2.1	Perfil e carga de trabalho – resultados quantitativos	159
6.2.2	Usabilidade e apreensão conceitual – resultados qualitativos	166
6.3	DISCUSSÃO DE RESULTADOS	170
6.3.1	Perfil, abordagem e manuseio da ferramenta	170
6.3.2	Interação em RA	171

6.3.3	Manuseio de elementos e visualização	173
6.3.4	Apreensão dos conceitos	177
6.3.5	Carga de trabalho	178
6.4	ATUALIZAÇÕES DE FUNCIONAMENTO DO ARTEFATO	179
7	CONCLUSÃO	187
	REFERÊNCIAS	192
	APÊNDICE A	202
	APÊNDICE B	212
	APÊNDICE C	214
	APÊNDICE D	217
	APÊNDICE E	220
	ANEXO A	223

APRESENTAÇÃO

O leitor perceberá que a tese trata extensivamente de questões gráficas e, conseqüentemente de linguagem e regras compositivas. Mais de uma vez, a ideia de regras será retomada, mas em diferentes contextos; podem ser regras de representação gráfica para criação de elementos unitários ou diagramas, regras para implementação de um sistema dentro do conteúdo de desenvolvimento de software, regras de composição de interface. De uma forma ou de outra, fez-se questão de fortalecer o uso recorrente desse termo o que leva à compreensão desse estudo como um alinhamento de regras que, de forma lógica, regem a solução final. Cada parte mostrada indica diferentes frentes do processo de desenvolvimento e foi fundamental para pavimentar o caminho até a aplicação proposta a qual, claro, também possui suas regras de funcionamento.

Ao preparar a estrutura desta tese, decidiu-se por seguir as mesmas etapas delineadas na metodologia escolhida: *Design Science Research* (DSR). Nela, existem cinco etapas bem definidas que auxiliam no processo de definir e aplicar conhecimentos científicos específicos. Ao final, um artefato é apresentado e, no caso desta pesquisa, tal artefato é não apenas físico, como também metodológico. Por isso, o encaminhamento do texto pretende direcionar a leitura nos passos e decisões tomadas, compreendendo onde a teoria se une a prática nesse caso.

Ao todo, sete capítulos compõem este texto: (1) introdução, (2) motivação, (3) objetivos da solução, (4) desenvolvimento projetual, (5) simulação, (6) avaliação e (7) conclusão. Os capítulos de 2 a 6 correspondem diretamente às etapas da DSR. Os capítulos 1 e 7 são necessários para introduzir e encerrar a apresentação do estudo.

No primeiro capítulo, “INTRODUÇÃO” ficou estabelecido o estado da arte dos assuntos que compõe este estudo. Apresenta-se ali um panorama geral e justificativa de escolha do tema aqui trabalhado e discutido. Os objetivos da pesquisa também são ali colocados.

Dresche, Lacerda e Antunes Jr. (2015), no processo de desenvolvimento de uma DSR, é fundamental que a motivação inicial, tomada a partir do reconhecimento de uma problemática, seja fundamentada. No presente trabalho, este embasamento teórico foi realizado destrinchando os tópicos da tríade no Capítulo 2 - “MOTIVAÇÃO”. O tema **Projeto**, que se desenvolve para pavimentar o caminho em direção ao foco no **Programa Arquitetônico**. Este será analisado sob a perspectiva da temática da **Tecnologia** em arquitetura, com foco em **Realidade Aumentada**, apontando a importância de mudanças no âmbito da **Comunicação** da

informação, através de análises de linguagem visual utilizada na **Representação Gráfica** do conteúdo projetual.

A ordenação desses assuntos encaminha uma linha de raciocínio que parte do macro ao micro, do projeto de arquitetura, cujo foco principal é a arquitetura escolar, aos elementos gráficos utilizados e como estes foram considerados para o desenvolvimento de uma aplicação em RA. Ao serem apresentados, os conteúdos se organizam de modo a explicitar os interesses de discussão da pesquisa, mas não pretende criar panoramas cronológicos. Desta forma, busca-se uma construção dinâmica, retomando questões históricas quando se percebe necessário para a explicação de alguns dos conceitos levantados.

Para que seja possível desenvolver um artefato que atenda às especificidades do estudo, ele deve ser guiado por objetivos claros sobre seu funcionamento. Partindo da motivação, o Capítulo 3, “OBJETIVOS DA SOLUÇÃO”, define a que o artefato serve. Ou seja, os objetivos diretamente relacionados à sua criação, conectados, mas não exatamente iguais, ao objetivo da pesquisa.

No Capítulo 4, “DESENVOLVIMENTO PROJETUAL”, são apresentados em detalhe itens concretos que direcionaram à construção do artefato proposto, no caso a aplicação em RA. Para tanto, é apresentado o caminho percorrido com seus respectivos resultados sobre requisitos relativos às questões de representação gráfica e significado de elementos representados. Definições técnicas e decisões preliminares ao desenvolvimento do aplicativo também estão inseridas nesse capítulo.

No Capítulo 5, intitulado “SIMULAÇÃO”, é descrito o desenvolvimento do artefato. Nesse momento, é possível compreender a construção das interações, o processo de prototipagem e testes e experimentos intermediários realizados. Seu funcionamento passo-a-passo também pode ser aqui compreendido.

O Capítulo 6, “AVALIAÇÃO”, apresenta os resultados a partir de testes estruturados com base em métodos de avaliação de Interação Humano-Computador (IHC). Serão encontrados testes relativos à inspeção da ferramenta, realizada sem usuários, e avaliações por observação, realizada com usuários.

Por fim, o “CONCLUSÃO” compõe o Capítulo 7 e final da tese. Nesse ponto são apontadas reflexões a partir da pesquisa apresentada, discutindo também sobre seus resultados e impacto na área de estudo. Também, invariavelmente, são indicadas direções futuras de pesquisa partindo deste trabalho.

DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Ao longo do estudo, vários conceitos são aplicados. Eles são, naturalmente, explicados em seu devido momento. Entretanto, uma breve apresentação de alguns deles se faz necessária como forma de estabelecer e esclarecer algumas definições, a fim de tornar mais precisa a leitura e compreensão do texto no sentido que foram pensados pela autora. Estas definições estão expostas abaixo e são justificadas com foco em como são tratadas nesta pesquisa.

Elementos básicos: Ao longo do texto existem três aplicações para este termo. A primeira é notada ao ser descrita a criação de representações para os chamados parâmetros de projeto da arquitetura escolar (PPs). Cada parâmetro é representado por um diagrama individual compostos por partes que se associam no desenho para criar o todo. Estas partes foram nomeadas elementos básicos do diagrama, ou apenas elementos básicos. Esses elementos são descritos e utilizados ao longo do Capítulo 4, de desenvolvimento projetual.

A segunda aplicação para o termo é encontrada em um momento anterior do texto, quando são apresentados aspectos da criação de representações de um modo geral. Os chamados elementos básicos são as partes mais simples de uma forma geométrica. Um ponto ou uma linha são exemplos destes elementos básicos de representação, ou, também de forma curta, elementos básicos.

A terceira é uma aplicação específica por se tratar de uma nomenclatura quase com a função de um nome próprio. O uso de elementos básicos é feito aqui para uma classe de elementos de representação de acordo com um autor específico, o que ficará esclarecido em seu tempo.

O uso da palavra “elementos” é a redução de quaisquer destas aplicações, que não serão confundidas ao longo do texto conforme o contexto, uma vez que a primeira aplicação do termo é a principal do estudo. Em algumas frases, porém, tal palavra pode ser usada apenas como sinônimo de outras palavras como aspectos, conceitos, formas, objetos.

Parâmetros de projeto ou parâmetros: O uso principal para parâmetros de projeto, sua forma reduzida, parâmetros, ou, ainda, abreviada PPs, se refere a um conceito criado pelos autores Nair; Fielding; Lackney (2013), tendo como referencial o termo de *design patterns* elaborado por Alexander; Ishikawa; Silverstein (1977). Contudo, ao tratar de necessidades projetuais no decorrer do texto, a nomenclatura “parâmetros” pode ser utilizada também de forma genérica, como sinônimo de informações ou dados de projeto.

Programa, programação e programar: Neste trabalho há uma interseção entre assuntos relativos ao projeto arquitetônico, às tecnologias computacionais e à computação, para seu desenvolvimento. Nesse contexto, a palavra “programa”, e suas variações “programação” e “programar”, pode ser utilizada em dois contextos. Um deles como sinônimo de programa de necessidades, ou programa arquitetônico, uma das fases iniciais do processo de projeto em arquitetura. De outro modo, “programa” e palavras de mesma raiz, podem ser aplicadas para descrever um processo de criação de instruções que dizem ao computador como criar uma tarefa e pode ser feito em diferentes linguagens.

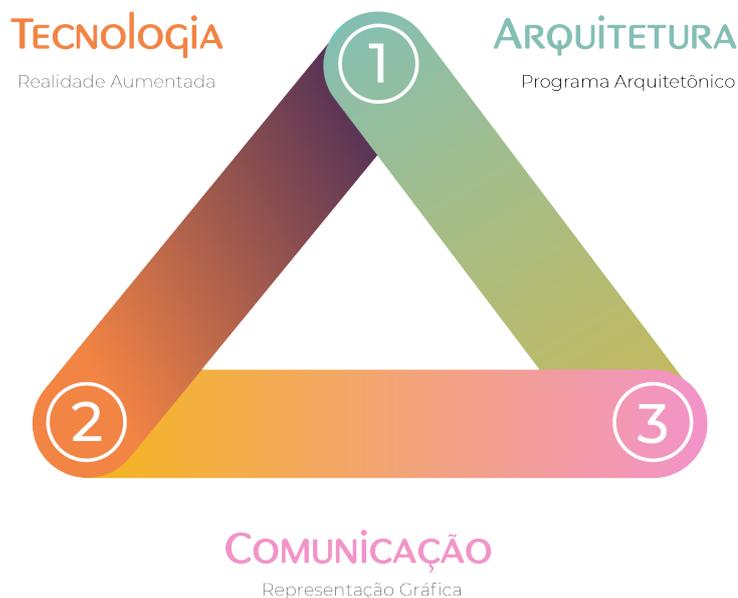
Realidade Mista, Realidade Virtual, Realidade Aumentada (RMVA): As tecnologias RMVA (ou RA, RV e RM), também enquadradas no termo de Realidade Estendida (*Extended Reality – XR*), podem ser nomeados de forma ligeiramente diferente a depender de quem utiliza. Isso ocorre porque entre as tecnologias identificadas por estes termos há aspectos que se sobrepõe, onde existe apenas uma linha tênue que separa uma da outra. Nesta pesquisa, como será melhor apresentado, a Realidade Mista é vista como uma combinação das Realidades Virtual e Aumentada. Ou seja, enquanto a RA lida com um ambiente estritamente real onde há superposição de objetos digitais, a RV lida com um ambiente imerso no virtual. Por sua vez, no uso da RM há uma imersão parcial, é possível a visualização e interação com o real, mas os elementos virtuais surgem de modo mais próximo ao usuário, como se de fato fizessem parte do mundo real. Essas nuances de imersão são possibilidades pela combinação do uso de diferentes equipamentos que interagem com itens implementados por computação gráfica.

1 INTRODUÇÃO

Compreender o encadeamento de temas deste estudo é fundamental para entender seu ponto de partida como se desenvolveu e a leitura dos seus resultados em formato de conclusão. Dessa maneira, duas figuras celebram esse aspecto e, ao serem apresentadas de modo introdutório, tem o intuito de estabelecer um cenário.

Composta por uma tríade de temas, a pesquisa volta o olhar ao projeto de arquitetura, sob o qual se aninham discussões sobre o programa arquitetônico. É inevitável, porém, discutir impactos da tecnologia nesse campo, seja para compreender o estado da arte em arquitetura nesse sentido, quanto para dar um próximo passo e avançar, modificar, explorar novas abordagens metodológicas. De modo especial, é trazido aqui a Realidade Aumentada (RA). Mas como trabalhar com arquitetura significa transmitir mensagens, por desenho ou pelo edifício, a comunicação é fundamental e, assim, a representação gráfica. A **Figura 1** ilustra o que foi supracitado.

Figura 1 - Assuntos abordados na pesquisa



Fonte: A autora (2023)

Sabendo que a pesquisa se desenvolve utilizando a metodologia de *Design Science Research* (DSR) e que ao utilizá-la o resultado é um artefato, tal processo se desenrola em etapas. Seguindo cinco fases, elas se sobrepõem em alguns momentos. Ainda assim, podem ser visualizadas de forma separadas, uma vez que também possuem funções específicas. A **Figura 2** traz luz a esse aspecto. A especificidade de cada etapa será discutida por capítulo.



Fonte: A autora (2023)

Ao investigar a representação gráfica de informações referentes ao programa arquitetônico de edifícios educacionais, são aprofundadas as pesquisas relativas aos tipos de dados incluídos nessa etapa do programa. Com a proposta de realizar a pesquisa dentro da tipologia educacional, dentro de um ambiente conceitual bem delimitado, inserem-se os parâmetros de projeto (PPs) escolares. Adicionalmente, sua inserção e visualização em RA, e a maneira de interação de profissionais de arquitetura com esses dados, são analisadas para compreender como ocorrem e como a RA se insere no contexto arquitetônico. A partir desse panorama, para este estudo são levantadas algumas questões, que indicam o problema da pesquisa: 1) Que elementos gráficos tridimensionais devem ser considerados para a representação gráfica dos parâmetros de projeto em ferramentas de RVA?; 2) Ferramentas RVA inspiradas no Diagrama de Bolhas e Matriz de Relacionamentos auxiliam na elaboração do programa de necessidades arquitetônico?; 3) O uso de RVA no desenvolvimento do programa de necessidades, com inserção dos PPs, permite manter e expandir análises possibilitadas por ferramentas tradicionalmente usadas nessa etapa?

A representação por meio de símbolos é essencial para a comunicação não-verbal realizada por profissionais como os arquitetos. As informações contidas nas mensagens são codificadas e interpretadas porque há uma gama de “regras” pré-estabelecidas para a aplicação da simbologia. Essas regras podem ser ajustadas de acordo com o meio de desenvolvimento

gráfico utilizado, uma vez que o objetivo de cada um desses meios também varia. Tal aspecto é incluindo na temática central deste projeto.

A fim de compreender qualquer representação, ou mesmo para captar informações do mundo real, o exame de componentes individuais da linguagem visual (os elementos básicos) é necessário, como defende Dondis (2003): o ponto, a linha, as formas básicas (círculo, quadrado, triângulo e outros), a direção, a sombra (em contraponto com a luz), a cor, a textura, a escala, a proporção e a dimensão. Estes elementos visuais, partes de um vocabulário, são aplicados em diversas representações gráficas que enfatizam um ou outro de seus aspectos de acordo com o propósito da mensagem. As observações feitas por Dondis (2003) podem ser aplicadas e analisadas especificamente em arquitetura, onde esses elementos são conectados e destacados formando planos, seções, perspectivas ou outras formas relacionadas essencialmente a essa área do conhecimento. A variação da maneira com que se utilizam essas composições, ou a importância que se dá a cada tipo, é o que confere a cada técnica de representação sua característica distinta

Nas últimas décadas, a arquitetura tem presenciado um aumento do uso de softwares que se baseiam no desenvolvimento de projetos em ambientes virtuais (AV) que potencializam, particularmente, a transmissão de informações técnicas e, em geral, o entendimento de configurações espaciais (Sampaio; Henriques; Martins, 2010). No contexto do século XXI, planos, seções e elevações – projeções ortográficas que dão origem aos desenhos técnicos – tendem a ser insuficientes para a representação arquitetônica completa, e os modelos 3D virtuais¹ (que vão, em termos de liberdade de visualização e incorporação de informações, além dos modelos físicos) aprimoram a visualização arquitetônica, o que pode apurar o processo de tomada de decisão. As realidades mista, virtual e aumentada (RMVA, ou XR), como tecnologias imersivas, têm ido mais longe, e são consideradas melhores métodos de representação devido à sua característica natural de inserir a quarta dimensão da arquitetura - tempo (nesse caso relacionada ao deslocamento sucessivo do ângulo visual). De acordo com Zevi (2011), esta dimensão é essencial para a visualização arquitetônica.

Dentro das diversas aplicações de XR em arquitetura, esta pesquisa se concentra no uso de RA na fase de programação, termo aqui utilizado como sinônimo de “programa

¹ Modelos 3D virtuais são entendidos nesta pesquisa como maquetes digitais, tridimensionais, elaboradas com o auxílio de computador, seja em softwares CAD, BIM ou outros que incorporem a computação paramétrica. Modelagem 3D, aqui, corresponde à elaboração de tais formas, utilizando os meios indicados. O termo “modelagem geométrica”, apesar de poder ser utilizado como sinônimo de modelagem 3D nessa pesquisa, de modo específico tem outro significado. Um modelo geométrico pode ser 2D ou 3D, enquanto uma modelagem 3D pode não ser necessariamente geométrica e este trabalho orienta a separação de ambos.

arquitetônico” correspondente a uma das fases no processo de projeto arquitetônico. Nesse momento, a comunicação das necessidades deve ser eficaz para gerar informações adequadas para o arquiteto e, como advogam Pina *et al.* (2011), antecipar soluções que de outra forma só seriam percebidas posteriormente. A visualização dessas informações, considerando como se conectam, faz parte do programa. E a programação arquitetônica tem um grande impacto no processo de projeto e, portanto, na solução, pois é um estágio analítico com o objetivo de descrever o contexto do design (Moreira, 2007).

Embora o programa não tenha intenção de fornecer soluções finais, aspectos gerais da forma resultam dele, conforme destacaram Kowaltowski e Moreira (2011), o que apoiará o desenho final. Nesse contexto, Bugs *et al.* (2010) afirmam que o uso da tecnologia, em geral, ajuda a estimular o envolvimento dos participantes em um processo de tomada de decisões, ou, ainda, segundo Dalsgaard; Mose Biskjaer; Frich (2023), pode ajudar no processo de ideação como mecanismo de suporte ao manuseio e retomada de ideias. Além de melhorar o engajamento, a tecnologia, principalmente o uso de modelos virtuais, aprimora a compreensão do espaço, pois possibilita a visualização sob diversos ângulos (Pina; Borges Filho; Marangoni, 2011).

1.1 Objetivo

De modo a delimitar esta pesquisa, o objetivo geral, seguido dos objetivos específicos são apresentados.

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo principal da pesquisa é caracterizar a representação gráfica de informações relacionada ao programa arquitetônico de edifícios educacionais e verificar sua inserção em RA. Pretende-se analisar a representação gráfica dos parâmetros de projeto (PPs) de escolas em ferramentas dessa natureza e avaliar a interação de profissionais da área de arquitetura com a ferramenta e os modelos gerados por ela. O desenvolvimento de uma aplicação em RA é proposto para investigar estes aspectos.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos desta pesquisa estão descritos abaixo:

- Aprofundar o conhecimento sobre os parâmetros de projeto para arquitetura escolar de modo a potencializar sua compreensão por meio da comunicação visual por meio do uso diagramas;

- Compreender conceitos, aspectos operacionais e funcionamento de métodos tradicionais que auxiliam a elaboração do programa de modo a atualizar sua abordagem tendo em vista o uso da RA;

- Analisar a tecnologia de RA nos termos de seus requisitos funcionais para a criação de visualizações que produz como modo de fomentar sua utilização durante a elaboração do programa no processo de projeto em arquitetura.

1.2 Justificativa

A representação arquitetônica em RA cria possibilidades para a visualização dos elementos representados, sejam eles formas geométricas simples, ou estruturas complexas. Dessa maneira, partindo do princípio de que a RA pode incrementar também a compreensão das informações do programa arquitetônico pelos profissionais da área, acredita-se que seu uso tenha um impacto positivo e significativo para a elaboração de projetos mais completos. Nestes termos, é proposto um trabalho específico com uma tipologia arquitetônica, de escolas e a inclusão, em RA, dos PPs se justifica por estes ser um conceito importante para ser considerado e retido desde as fases iniciais do processo de projeto para essa tipologia.

Ao mesmo tempo, discute-se também o fato que a tecnologia, como modificadora da forma de percepção e interação das pessoas com o mundo é também, cada vez mais, parte do projeto e construção de arquitetura. Entender o impacto das ferramentas e softwares atuais no processo de projeto é essencial, desde o programa. Por sua vez, a RA se aplica na arquitetura para oferecer meios diferenciados de visualização de elementos, o que acontece pela sobreposição de objetos virtuais no mundo real (Kipper; Rampolla, 2013). Essa tecnologia pode servir para melhorias no programa de necessidades em termos de estímulo ao desenvolvimento e organização de ideias por causa dos modos de representação empregados e pela possibilidade de interação. Esse aspecto demandou mais estudos para entender profundamente como ocorre o impacto - aperfeiçoamento na geração de ideias e comunicação de informações durante o programa - mapeando, de forma sistemática, as características visuais do seu vocabulário (RA).

Toda arte, que tem origem na mente, é uma linguagem conceitual com base na reação das pessoas com relação ao mundo, e não necessariamente ao mundo em si (Gombrich, 2000). As formas representacionais geradas nesse processo podem ser reconhecidas pelo seu estilo, o qual reflete diferentes motivos e períodos da história. A arquitetura tem seus estilos e linguagens próprios e se manifesta por diferentes técnicas representacionais, um dos pontos de interesse dessa pesquisa.

Os desenhos arquitetônicos podem ser classificados não apenas pelo seu propósito, mas também de acordo com o meio usado para criá-los e a maneira como os objetos - ou elementos - são representados, como destacado por Hewitt (1985). O autor também afirma que o processo de desenho em arquitetura, quando são feitas as representações, está relacionado ao pensamento da época em que está inserido, bem como está vinculado às ideias e às teorias da arquitetura. A partir disso, uma reflexão é feita na concepção, ou processo mental, a qual se baseia em metodologias existentes e claramente definidas.

A arquitetura tem aspectos únicos a serem levados em consideração. A singularidade desta área, quando comparada a outras expressões artísticas como pintura, escultura ou fotografia, é consequência do fato de que ela está intrinsecamente ligada à existência do ser humano. Essa interação ocorre pela arquitetura ter o fator tridimensional envolvido, sendo as pessoas peças centrais. Zevi (2011) fez estas afirmativas ao discutir a forma como a arquitetura é vista, o que inclui questões sobre a representação do espaço. A história da arquitetura é, segundo este autor, marcada por diferentes métodos de representar graficamente o espaço e seus elementos, e a investigação de sua evolução e aprimoramento de sua complexidade é essencial para compreender a arquitetura como um todo, bem como suas formas representacionais, que impactam a maneira como a informação é vista.

A partir de meados do século XX e início do século XXI, com a evolução das tecnologias digitais, os desenhos arquitetônicos passam a ser desenvolvidos em sistemas CAD (*Computer Aided Design*), que incluem também a modelagem geométrica tridimensional. Contudo, o emprego de softwares com baixa interoperabilidade, ou seja, com baixa ou até mesmo sem comunicação entre si, é continuamente substituído pela tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) que garante conexões entre softwares e entre etapas de projeto. A RMVA é uma tecnologia que pode ser associada ao BIM e, mais do que isso, tem como um de seus focos e alcances principais reduzir a curva de aprendizagem dos usuários na visualização e interação com elementos digitais 3D e, no caso da RA e RM, sua interação com o ambiente físico (Blahut; Harnoncourt-Fuchs, 2023).

Cada técnica tem seu próprio procedimento para representar informações relacionadas ao mundo real (Chan, 2011). Desenhos técnicos ortográficos usam lápis e papel, ou um programa CAD capaz de representar as espessuras das linhas e texturas necessárias; a modelagem virtual 3D usa softwares com funções específicas para valorizar as percepções visuais em ângulos distintos (e com a tecnologia BIM, diversos tipos de informações são vinculadas às formas). Por sua vez, a criação de objetos a serem visualizados em RMVA (que muitas vezes possuem uma linguagem de programação, escrita ou visual para serem gerados,

requer softwares que se combinam com determinados dispositivos para que seja possível visualizar os elementos, tornar a experiência imersivas e, muitas vezes, interativa. Com os avanços tecnológicos modificando cada vez mais a representação gráfica, a maneira de desenhar e a geração de formas no processo de projeto vem mudando, assim como o modo de pensar (Righi; Celani, 2011).

Na mesma direção, a visualização das formas criadas é modificada. Um projeto com base em desenhos técnicos ortográficos é mais difícil de ser compreendido como um todo (Yabuki *et al.*, 2011) quando comparados com sua apresentação em XR, por exemplo. Ocorre que, ferramentas computacionais vêm a auxiliar tanto na expressão de ideias (Righi; Celani, 2011) quanto no nível de informações inseridas. Tornam-se, assim, indispensáveis na arquitetura desde suas fases iniciais de programação, quando decisões são tomadas em relação aos objetivos definidos e guias são elaborados com relação ao desenvolvimento do projeto.

O processo de projeto em arquitetura possui etapas que são cumpridas de modo não-linear, partindo do abstrato para o concreto, como defende Goldschmidt (2014). Nessa mesma linha de raciocínio também Van Der Voordt e Van Wegen (2013) classificam as etapas do processo. Inicialmente existe a fase de divergência, seu desenvolvimento se dá pela transformação, alcançando a fase final de convergência. Outra nomeação dada a esse ciclo é análise, síntese e avaliação. Mas, sabe-se que esse processo de projeto está intrinsecamente conectado a etapas posteriores de ocupação, manutenção e pós-ocupação, de onde também podem ser retiradas informações que retroalimentam projetos futuros.

Estas etapas são mantidas independentemente da tipologia trabalhada. A natureza das informações, contudo, é modificada. Desde as primeiras etapas do processo (no programa arquitetônico), variam-se as informações para cada caso, desde o objetivo geral do projeto, até seus requerimentos, restrições e agentes relacionados. Apesar de alguns destes aspectos sofrerem alterações mesmo dentro de uma mesma tipologia (cada casa, por exemplo, tem um objetivo a ser atendido, o que depende da família, terreno, clima, posição, entre outros aspectos) há também aspectos gerais que permanecem e os quais devem ser considerados em todos os casos. Em uma casa, a relação social/privada deve ser resolvida, e assim também ocorre com os fluxos de um hospital ou restaurante. Da mesma forma, em um edifício educacional, há elementos que os profissionais de arquitetura envolvidos precisam ter em mente para desenvolver um projeto o mais completo possível.

Na arquitetura escolar do século XXI devem, então, ser discutidos parâmetros de projeto (PPs) específicos, delineados pelos autores Nair; Fielding; Lackney (2013) e listados no **Quadro 1**. Estes são baseados nos padrões de Alexander; Ishikawa; Silverstein (1977), como

soluções gerais e abstratas que poderiam ser implementadas várias vezes, sem repetir o modo de uso. Portanto, assim como as demandas escolares devem ser levantadas, também os PPs devem ser exibidos para desenvolver um programa arquitetônico eficaz, auxiliando o processo de projeto como um todo.

Quadro 1 - Parâmetros de projeto de Nair; Fielding; Lackney (2013)

-
1. Salas de aula, ambientes de ensino e comunidades pequenas de aprendizado
 2. Entrada convidativa
 3. Espaços de exposição dos trabalhos dos alunos
 4. Espaço individual para armazenamento de materiais
 5. Laboratórios de Ciências e Artes
 6. Arte, música e atuação
 7. Área de educação física
 8. Áreas casuais de alimentação
 9. Transparência
 10. Vistas interiores e exteriores
 11. Tecnologia distribuída
 12. Conexão entre espaços externos e internos
 13. Mobiliários confortáveis
 14. Espaços flexíveis
 15. *Campfire Space*
 16. *Watering Hole Space*
 17. *Cave Space*
 18. Projeto para múltiplas inteligências*
 19. Iluminação natural
 20. Ventilação natural
 21. Iluminação, cor e aprendizagem
 22. Elementos de sustentabilidade
 23. Assinatura local
 24. Conexão com a comunidade
 25. Banheiros como os de casa
 26. Professores como profissionais
 27. Recursos de aprendizado compartilhados e biblioteca
 28. Proteção e segurança
 29. Síntese dos parâmetros

*Considera-se que existem oito inteligências: verbal-lingüística, lógico-matemática, musical, corporal-cinestésica, visual-espacial, naturalista, interpessoal, intrapessoal.

O conhecimento dos profissionais de arquitetura sobre estes parâmetros e sua inclusão nos projetos de ambientes escolares é fundamental para elevar a qualidade educacional, uma vez que há intrínseca ligação entre o processo de ensino-aprendizagem e o espaço em que acontece (Barrett *et al.*, 2016; Deliberador, 2016; França, 2011; Kowaltowski, 2011; Leiringer; Cardellino, 2011; Taylor, 2009; Woolner, 2010; Woolner *et al.*, 2014). Além disso, a utilização dos PPs contribui para um projeto humanizado, com qualidades que evidenciam as necessidades humanas: escala do edifício, vegetação, variações dos espaços,

flexibilidade, preocupação no uso de materiais/acabamentos (Kowaltowski, 1980, 2011; Mirchandani; Wright, 2015). Assim, do mesmo modo que devem ser fornecidos aos arquitetos cada um dos 29 PPs existentes de maneira conceitual, é interessante apresentá-los em uma linguagem gráfica que apoie sua compreensão e utilização.

A inserção destes parâmetros em um contexto de desenvolvimento do programa de necessidades da arquitetura escolar foi analisada por Deliberador (2016). Neste caso, a autora criou um jogo de cartas que guiou o desenvolvimento da etapa inicial por meio de um processo participativo e que incluiu os PPs em formato de desenho associado às suas descrições. Souza (2018) aprofunda o estudo da representação destes 29 parâmetros da arquitetura escolar. Em seu trabalho, foi realizada uma análise gráfica (visual) através do desenvolvimento de uma linguagem visual bidimensional dos elementos arquitetônicos ligados a cada parâmetro. Por sua vez, o uso de modelos virtuais (digitais) como um método alternativo de representação gráfica em arquitetura visa ao aumento da compreensão do objeto sendo retratado e, em regra, auxilia o usuário em sua interpretação (Cuperschmid, 2014).

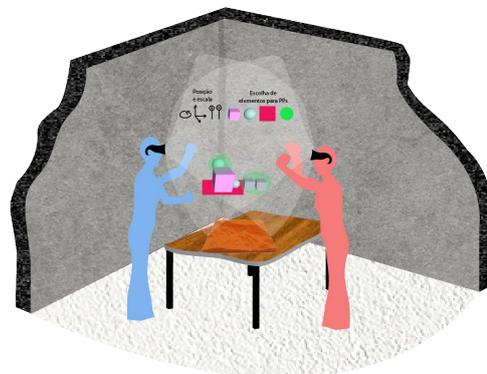
Incluir estes elementos na RA pode ampliar e transformar a visão dos usuários, expandindo sua percepção da realidade (Kounavis; Kasimati; Zamani, 2012). Na **Figura 1** e **Figura 2** a seguir é possível observar as diferenças de interação e representação em RA discutidas nessa pesquisa. A **Figura 3** representa métodos tradicionais de projeto enquanto a **Figura 4** indica o uso de ferramentas digitais baseadas em representações tridimensionais em RA. Isso acontece uma vez que, conforme explicado por Kipper e Rampolla (2013), Shi *et al.* (2016) e Liu *et al.* (2016), o mundo real e mundo virtual são combinados na tecnologia RA, contribuindo para a interação de usuários com objetos virtuais e aprofundando o nível de interação com os objetos. Além disso, Kipper e Rampolla (2013) defendem que a RA é um novo meio para expressão criativa. Portanto, o uso da tecnologia assiste a prática reflexiva e a tomada de decisões, sem negligenciar outras ferramentas - ou outros métodos representacionais - na arquitetura.

Figura 3 - Representação do desenvolvimento do programa arquitetônico por linguagem gráfica bidimensional



Fonte: A autora (2023)

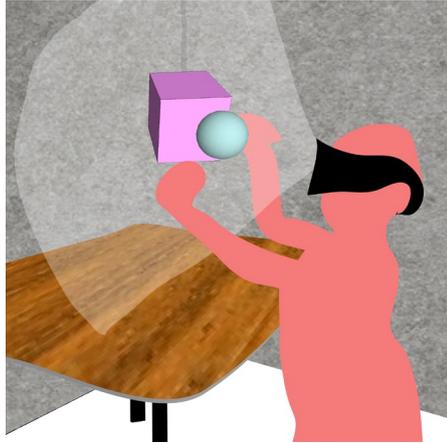
Figura 4 - Representação do desenvolvimento do programa arquitetônico por linguagem gráfica tridimensional imersiva - Realidade Aumentada



Fonte: A autora (2023)

A aplicação da RA no desenvolvimento do projeto arquitetônico, é uma forma interativa de visualizar a informação e dar suporte a esse processo (Tonn *et al.*, 2008), em quaisquer de suas etapas. O uso desta ferramenta significa um trabalho com um ambiente de simulação computacional e proporciona ao usuário tanto o contato com o virtual como a permanência da relação com o real, em diferentes escalas. Dentro desse nicho, a utilização dos óculos imersivos (**Figura 5**) permite uma relação e interação maior com os elementos simulados, quando comparados com a RA usada através de *tablets* e *smartphones* (**Figura 6**), enquanto estes últimos são mais acessíveis financeiramente e são equipamentos mais usuais. Assim, os usuários são capazes de antever alternativas, ou explorar possibilidades, e avaliá-las (Liu *et al.*, 2016; Miltiadis, 2016), em ambiente virtual (AV) de forma mais completa com relação à quantidade e qualidade das informações.

Figura 5 - Representação Realidade Aumentada imersiva



Fonte: A autora (2023)

Figura 6 - Representação de Realidade Aumentada não imersiva



Fonte: A autora (2023)

Nessa pesquisa, a aplicação de simulação pelo uso de RA é proposta para a etapa de desenvolvimento de programa de necessidades, uma fase em que as soluções geradas ainda são genéricas, ou abstratas. Ainda que seu processo de criação e tipo de representação escolhida para essa etapa tenha papel fundamental, também é importante avaliar a ferramenta como resultado em si. Afinal, a aplicação criada deve ser capaz de simular os parâmetros de projeto através de elementos básicos de dimensões (hierarquias), relações entre ambientes (tipo de conexão), necessidade de circulação (distribuição), entre outros, realizando um estudo do impacto destes no edifício (por exemplo no que diz respeito ao zoneamento de funções, prioridades).

2 MOTIVAÇÃO

Com o panorama geral da pesquisa tendo sido construído no capítulo anterior, este capítulo discorre sobre as particularidades de cada elemento da tríade apresentada: Arquitetura, Tecnologia e Comunicação.

2.1 Arquitetura

From the cognitive perspective, the design phase of the greatest interest is the early, preliminary phase – the ‘front edge’. Because most design problems are ill-structured and ill-defined, the early phase of designing is when designers have to come to terms with the task – that is, interpret it, frame it, and reframe it until it is sufficiently coherent to generate solution ideas². (Goldschmidt, 2014, p. 39)

Alexander, Ishikawa e Silverstein (1977) discutiram em profundidade o processo de projeto. Essa não é uma atividade simples e, para os autores, o fato de existirem diversas etapas no seu desenvolvimento por si só já é um motivo para que este seja compreendido como um sistema complexo. Além disso, há de se considerar que esse processo não é linear e envolve uma série de dados de naturezas distintas que precisam ser manipulados (Bielefeld; Khouli, 2019; Goldschmidt, 2014; Lawson, 2006). Tais manipulações buscam abranger esses dados, e as propostas iniciais costumam ser feitas e refeitas diversas vezes em um processo de acertos e erros que demanda que arquitetos consigam fazer escolhas e priorizar aspectos.

Algumas teorias de arquitetura postularam que o processo de projeto era uma atividade dividida em procedimentos delimitados, repetidos em uma ordem específica pelos arquitetos. Atualmente essa interpretação linear é contestada, como indica Serra (2014), e outros paradigmas são associados ao projeto. Para esse autor, visões behavioristas, a princípio, e gestaltianas posteriormente, caracterizaram inicialmente esse processo como uma atividade de solucionar problemas, com requisitos e limites bem definidos. A partir do fim dos anos 1970, porém, outras análises foram colocadas em discussão, as quais expuseram o ato de projetar como um processo mais próximo dos problemas “mal definidos”, em uma tradução literal, ou “*ill-defined*” em sua denominação original por Rittel e Webber (1973).

O projeto é, portanto, o resultado de ações baseadas em problemas de natureza pouco claras. Seu início acontece até mesmo como um ato de pensar inconsciente. Por este

² Tradução da autora: De uma perspectiva cognitiva, a etapa de projeto de maior interesse é a etapa inicial, ou preliminar – a “dianteira”. Uma vez que a maior parte dos problemas de projeto são pouco estruturadas ou tem baixa definição, a princípio, a etapa inicial do projeto é quando os projetistas precisam se alinhar com a tarefa – o que significa interpretá-la, formulá-la e reformulá-la até que esteja suficientemente coerente para a geração de ideias para a solução.

motivo, torna-se difícil pesquisar e avaliar etapas que se conectam profundamente às ações do subconsciente. No entanto, a partir de certo momento, quando as ideias são registradas e as relações construídas, o processo se torna inteligível e, de certa forma, lógico. Isso ocorre porque existem metodologias que fazem com que o processo de projeto seja em sua maior parte sistematizado. É o que leva Dalsgaard, Mose Biskjaer e Frich (2023), Roth (2017) Schön, (1983), por exemplo, a analisarem o projeto de arquitetura como um fato consciente, um ato reflexivo que envolve elaboração e comunicação de ideias, o que diferencia a construção humana daquela de outros seres.

O desenvolvimento do projeto deriva de técnicas apuradas e de várias habilidades adquiridas pelos arquitetos. Ambas são responsáveis para que soluções projetuais não especificadas, ou pouco claras inicialmente, se tornem eficazes no término do projeto (Rowe, 1992; Serra, 2014). Logo, é possível que mesmo um processo não linear esteja pautado em um caminho dividido em etapas (**Figura 7**) e que cada etapa esteja vinculada a um nível de informações, técnicas e conhecimentos diferentes.

Figura 7 – Etapas do processo de projeto arquitetônico



Fonte: A autora (2023)

Como coloca Montaner (2017), é papel do arquiteto transformar solicitações funcionais, sociais, simbólicas, materiais e contextuais em um projeto que, ao final, é materializado em um corpo sólido. Ou seja, a arquitetura como objeto depende de um processo criativo que envolve considerações sobre funções, sistemas estruturais, espaços, percepções e respostas psicológicas e fisiológicas, acústica, iluminação, temperatura, contexto, economia e memória. Todos estes pontos são pensados durante as etapas de projeto e soluções são encontradas na medida em que o projeto caminha.

Kalay (2004) aponta o fato de que durante o Renascimento os arquitetos levantaram a necessidade de ter meios de projetar, representar e comunicar informações sobre os edifícios com os construtores. Esse pensamento aponta dois pontos essenciais. Um deles é o reconhecimento da exigência de serem mantidas comunicações eficazes entre integrantes do processo de projeto e, como no caso, da construção. O outro é a importância de conexão entre representação, códigos e princípios no processo de projeto, o que demonstra a integração entre os tópicos discutidos ao longo desta pesquisa.

Sendo reconhecida essa intercessão, se torna fundamental retomar questões de expressão gráfica para discutir assuntos projetuais, mas sob uma outra perspectiva. Seu impacto no desenvolvimento de projeto e como existem de diferentes maneiras a depender da etapa em questão. Por este motivo, tratar da comunicação visual e das nuances de abordagem a elas relacionada é essencial.

2.1.1 Complexidade arquitetônica

A complexidade, como adjetivo genérico de oposição à simplicidade, pode ser abordada a partir de diversos ângulos. Da mesma forma, em arquitetura vários critérios são considerados. Como citado, a existência de diversas etapas, informações e participantes são alguns deles. Adicionalmente, os tipos de linguagens utilizadas para representar seu conteúdo e a necessidade de interpretações de experiências e desejos para desenvolver projetos, são outros dois critérios que corroboram com a complexidade arquitetônica. A tecnologia é também um tópico inerente à essa complexidade, bem como suas aplicações. Cada item citado tem sua importância separadamente, mas nesta pesquisa, a conexão entre eles é colocada em destaque. Essa relação forma a base para a construção de uma aplicação de auxílio a uma das fases do projeto, incluindo discussões sobre os elementos gráficos utilizados para transmitir a informação.

“Complexidade” é também um termo de classificação arquitetônica em uma abordagem pós-estruturalista, com referências conceituais e geométricas, em processo revolucionário de transformação (Oxman; Oxman, 2010). Ressalta-se que, essencialmente, uma arquitetura complexa não diz respeito apenas à forma. São consideradas diversas experiências que originam programas dinâmicos e complexos que se adaptam às transformações de atividades e contextos, sendo respondidas com formas versáteis (Montaner, 2016; Rocha, 2016; Schnabel, 2011). Essa arquitetura contém muitos níveis de informação, camadas essas construídas com o uso de sistemas computacionais que tiram proveito dos avanços tecnológicos.

Assim, não seria anacrônico dizer que há uma complexidade na arquitetura contemporânea não presente em épocas passadas. Ainda que a necessidade de serem considerados diversos fatores tenha estado sempre presente, Kalay (2004) e Montaner (2016) apontam que o universo dos computadores transformou o próprio processo de projeto. Nessa afirmação estão incluídos tanto os avanços tecnológicos diretamente ligados ao uso dos computadores e outros aparelhos, como o trabalho conectado e simultâneo entre equipes de arquitetura e engenharia, e também os modelos gráficos utilizados em uma diversidade de softwares.

2.1.2 Comunicação visual no projeto

O desenho é um método de projeto. Como visto, o ato de projetar em arquitetura é substancialmente um ato cognitivo mediador, tradutor e de registro de investigações, ideias e informações. É pelo desenho, item chave na comunicação do projeto, através de suas linhas e formas geométricas que estes aspectos são considerados e que é aproximado o abstrato do concreto, seja na forma de espaços, ou de elementos sólidos (Botasso; Vizioli, 2018; Cash; Maier, 2021; Da Silva; Pires; Ferreira, 2018; Ewenstein; Whyte, 2009; Unwin, 2013).

O ato de expressar graficamente dados e pensamentos é possível porque os profissionais fazem uso de linguagens cujas técnicas são compatíveis com aquilo que desejam representar, ou tornar visível (Chan, 2011). Desde a concepção inicial do projeto, o registro visual sempre foi importante. É compreensível, dessa forma, que cada etapa possua exigências gráficas específicas, com objetivos específicos, e o conteúdo presente em cada uma delas acompanha o desenvolvimento do projeto em termos conceituais ou formais (Bresciani, 2019).

A princípio, desenhos em escala foram importantes meios de representação de projetos. Os detalhes ali especificados, proporções e dimensões contribuíram para que os arquitetos se tornassem profissionais com habilidades de se expressar graficamente (Kalay, 2004). No entanto, mais do que uma forma de expressão, as representações também se comportam como uma forma de testar a forma, as funções e diversos outros aspectos antes de serem construídos.

Vitrúvio (80-15 a.C.), um expoente clássico entre os arquitetos, já falava de plantas baixas feitas com régua e compasso, assim como de elevações e perspectivas com sombreados convergindo para um ponto de fuga. Esses desenhos eram gravados em pedras e, antes deles, os egípcios utilizavam desde lascas de calcário planas para croquis, até folhas de papiro para desenhos mais formais, quando queriam mostrar como o projeto deveria ser executado na prática. No caso da arquitetura medieval, os desenhos podiam ser feitos em pergaminhos, as

vezes costurados para se adequar ao tamanho necessário, mas, pelo seu valor estes pergaminhos eram usualmente raspados e limpos para servir à novas representações, ou recebiam escritas em seu verso, demonstrando pouca – ou nenhuma - preocupação com sua conservação (Borges Filho, 2005; Roth, 2017).

No renascimento, a impressão expandiu a distribuição de textos, permitindo também que os arquitetos desfrutassem dessa facilidade. Tratados de arquitetura puderam ser divulgados e a fabricação do papel influenciou nas representações projetuais e decorrente preservação de seus conteúdos, sejam por croquis, plantas, detalhes ou perspectivas. Contudo, segundo Roth (2017), poucos são aquelas representações remanescentes de uso em projetos executivos, ou seja, com detalhes de construção, sendo as maquetes detalhadas de madeira as formas mais comumente utilizadas para indicar esse aspecto.

Croquis, plantas e cortes, perspectivas com pontos de fuga, axonométricas ou explodidas, maquetes, análises de funções, são desenhos que hoje compõem a variedade de possibilidades de expressão visual utilizadas no processo de projeto. E a cada escolha do material visual utilizado, há uma reflexão no processo de projeto delineado (Bresciani, 2019). Sejam eles analógicos ou digitais, estes desenhos podem ser considerados diagramas de representação de informações. E ao serem utilizadas diversas formas gráficas, com distintos objetivos, dão aos diagramas seu caráter polissêmico, como denomina Montaner (2017).

Nessa linha de raciocínio, Montaner (2017) faz uma classificação dividindo os tipos de diagramas em “Diagramas de análise” e “Diagramas de projeto”. Sua compreensão sobre o assunto corrobora com a noção de que cada etapa de projeto, ou objetivo, requer uma comunicação visual específica. Todavia, os diagramas não devem ser utilizados apenas como práticas conceituais pura e simplesmente. Sua construção deve se basear em experiências, de modo que o mecanismo de composição diagramática não envolva um processo de extrema abstração de conteúdo sem um embasamento físico proporcionado pela análise das atividades humanas reais.

De maneira geral, há muito que se considerar no desenvolvimento de diagramas. Lawson (2006) aponta que embora seja possível imaginar um projeto acontecendo sem externalizações visuais, na prática os projetistas sempre comunicam suas ideias. Essas representações consistem em ferramentas-chave para o processo de projeto e a habilidade de administrá-las é uma das habilidades essenciais do arquiteto. Ainda para Lawson (2006), contudo, um aspecto central nesse contexto é compreender que as formas de representação aplicadas e a capacidade de utilizá-las tem um grande impacto no próprio processo de projeto.

Em termos de tipos de representação e suas aplicações, ainda hoje a planta de um edifício é importante na elaboração e comunicação de um projeto. No século XIX, Jean-Nicolas-Louis Durand (1760-1834) considerava estas formas gráficas não apenas importantes, mas essenciais como ponto de partida para a reflexão sobre um projeto. Pouco tempo depois, embora com conhecimentos inclinados às teorias de Durand, Eugène Emmanuel Viollet-le-Duc (1814-1879) defendeu o pensamento arquitetônico como algo que estava determinado também por um programa funcional, articulado com clientes e outros representantes. A planta seria pensada, assim, apenas depois de uma cuidadosa revisão do próprio programa (Hearn, 2006).

Esse fator foi canalizador dos impulsos criativos, e impactou nos métodos de desenho aplicados. Atualmente, outras técnicas de comunicação visual arquitetônica existem, do programa ao projeto executivo, associadas a construções que exigem outros tipos de expressões gráficas para serem compreendidas (que não plantas). De fato, novas percepções sobre o projeto foram possíveis e a própria ordem do processo de projetar foi impactada. Diagramas, aqueles elementos gráficos essencialmente visuais, são hoje aplicados não só em etapas formais da arquitetura, mas também em etapas iniciais do projeto, como estudado por Alexander (1973) e White (1995) e seu conteúdo passou a ter mais interesse em pesquisa a partir de meados daquele século.

2.1.3 Desenvolvimento e análise: método de projeto

Se na década de 1960 o assunto de métodos de design (projeto) ou estudos sobre projeto passou a ser discutido com maior destaque, posteriormente surgiram importantes teorias e metodologias tratando do desenvolvimento e análise do projeto arquitetônico (Alexander, 1973; Alexander; Ishikawa; Silverstein, 1977; Broadbent; Ward, 1971; Buchnan, 1996; Cross, 1984; Duerk, 1993; Gray, 2022; Gregory, 1966; Hershberger, 1999; Kumlin, 1995; Rowe, 1992; Sanoff, 1991; Suh, 1990; White, 1972, 1995). Contudo, de acordo com a análise de Gray (2022), os objetivos iniciais do debate sobre os “*Design Methods*” era sobre trazer racionalidade e objetividade às atividades relacionadas ao projeto. Apenas mais tarde objetivo passou a ser de reflexão sobre práticas de projeto socialmente responsáveis.

A forma como os métodos são criados permanece, entretanto, como algo a ser mais debatido e descoberto (Gray, 2022). Ainda que possua uma parte subjetiva de criatividade, a criação do método passa pelo desenvolvimento objetivo e lógico de uma linguagem,

vocabulário e padrões. Para esse mesmo autor, a codificação de um método é um meta-processo de projeto [ou até mesmo um meta-método]³.

Ao seguir passos usando determinada ferramenta, um método passaria a auxiliar o arquiteto ou designer em sua tarefa. Métodos de projetos, segundo Cash; Daalhuizen; Hekkert (2023), organizam a conexão e aplicação de percepções, ideias, experiência e repertório em casos reais (projetos reais), através de ensino e prática. Desse modo, aprofundar-se no estudo de novos métodos, associado à proposta, ou criação deles, é, para esses autores, um pilar na pesquisa em projeto.

Por sua vez, ao interagir com um método, diferentes categorias de resultados podem ser suscitadas. Em termos de eficácia, quando o método auxilia na geração de maior número e diversidade de ideias; em termos de eficiência, nos casos que o método permite o uso por equipes multidisciplinares para a geração de ideias; ou outros resultados diretos ou indiretos numa combinação que leva tanto à criação de ideias (Cash; Daalhuizen; Hekkert, 2023).

Em projetos com foco em usuários, como é o caso da arquitetura, os projetistas inicialmente se apropriaram de métodos de áreas das Ciências Humanas como Psicologia e Antropologia, de modo a coletar informações de formas válidas e bem-estabelecidas (Lee, 2014). De todo modo, Gray (2022) enquadra os métodos de projeto atualmente em dois campos de operação, compilando as posições de dois autores, Cross (1984) e Lloyd, (2019). O primeiro define-os em procedimentos passível de ser aprendido, repetido e comunicado para auxiliar projetistas em seu percurso de projeto. O segundo articula a descrição de métodos de projeto como ferramentas que guiam e desafiam projetistas a considerar elementos fora daquilo que estão acostumados, ou mesmo da sua intuição.

Assim como representações diferentes tem lugar em etapas diferentes do processo de projeto, também os métodos. Cada fase projetiva, com seu propósito, requer uma abordagem metodológica diferente e diferentes exemplos de fases são elencadas por Dalsgaard, Mose Biskjaer e Frich, (2023). Em uma perspectiva longitudinal do processo, a) estabelecimento da necessidade, b) análise da tarefa, c) projeto conceitual, d) incorporação do projeto, e) detalhamento do projeto, e f) implementação (Howard; Culley; Dekoninck, 2008). E mesmo ao concentrar a análise apenas na fase inicial do processo, já é possível listar vários propósitos: a) identificação do problema ou tarefa, b) preparação, c) geração de alternativas, e d) validação e

³ Um meta-processo, ou meta-método significa, nesse sentido e para esse auto, um processo em que se cria um processo ou, em outras palavras, um método desenvolvido para a criação de método.

comunicação das alternativas (Amabile *et al.*, 1996). E para entender melhor as demandas dessa fase e a atuação de métodos ali, o próximo tópico discute o programa arquitetônico.

2.1.4 Programa arquitetônico e suas especificidades

Até pelo menos o século XIX, o programa arquitetônico era pouco considerado sequer como etapa do projeto. Apesar de sempre ter sido necessário entender as solicitações do cliente, a sistematização de uma fase projetual onde essas considerações e informações fossem estudadas como foco é mais recente. Essa valorização permitiu que o programa assumisse um papel importante e estudos foram sendo desenvolvidos a fim de explorar as operações envolvidas nessa etapa, relações estabelecidas entre os dados e sua conexão com etapas futuras, como é o caso de White (1972), White (1995) e Alexander (1973).

Com efeito, a elaboração de um programa arquitetônico depende de coletar, analisar, avaliar e organizar informações. O conteúdo de um programa varia conforme o tipo de projeto, mas, independentemente, a ação programática é uma espécie de plano de ação a ser considerado e seguido, vislumbrando as demandas e antecipando problemas de projeto. Apesar de o programa ter como uma das suas principais considerações a acomodação de funções de um edifício, esta ação deve ser pensada pela combinação das naturezas destas funções, o que inclui também a reflexão sobre quais valores devem ser comunicados (Hearn, 2006). Os procedimentos e formatos utilizados em tal atividade tem a intenção de organizar estes fatores. Quanto mais bem estruturados, e partindo de parâmetros bem estabelecidos, maior controle sobre as consequências na futura elaboração formal do edifício e posterior construção, impactando até a etapa de ocupação edilícia.

Como Souza (2018) expõe, existem vários métodos que podem ser aplicados na elaboração de um programa de necessidades. Estes variam pelo formato que possuem, abordagem e nível de participação dos usuários/clientes. Entretanto, invariavelmente assumem forma textual ou gráfica a fim de serem registrados e comunicados. Na maioria dos casos observa-se a utilização de diagramas que auxiliam nas análises da alta quantidade de informações consideradas. Esses modelos, como chamados por White (1972), são uma forma de compreender melhor os dados e visualizar de forma mais clara alternativas de interpretação e associação.

Na prática, o programa não lida com formas específicas, as quais são moldadas em fases posteriores do projeto. No século XIX, ainda, decisões sobre a construção do edifício em massa única ou com dependências já eram tomadas em etapas muito iniciais do processo (Hearn, 2006). Atualmente, essa conexão tão direta é menos presente e pouco recomendada.

Em seu lugar um conjunto de considerações que auxiliam na determinação de características da construção são feitas antes de qualquer especificação formal. Conceitos de abertura ou fechamento, visível ao público ou oculto, disperso em uma implantação ou aglomerado, são primeiramente trabalhados durante o programa, observando os zoneamentos, funções, contexto ambiental, entre outros.

Montaner (2017) cita Charles Sanders Peirce (1839-1914), importante nome dentro da sistematização de uso de diagramas, e indica que métodos diagramáticos de representação são uma forma de ilustrar conteúdos arquitetônicos de forma abstrata principalmente em fases iniciais do projeto. Pierce defendeu que todo pensamento é expresso por grafos ou signos, que variam em três tipos: ícone, índice ou símbolo. Os diagramas, de interesse desse trabalho, são inseridos dentro do tipo “ícone” e dividem espaço com as imagens e metáforas. A particularidade diagramática está, porém, em tornar inteligível as relações, sobretudo espaciais, entre as partes do projeto, mas ainda com forte aspiração pela abstração (Montaner, 2017).

Em suas análises de programa, Alexander (1973) parte do princípio que o objetivo do arquiteto é alcançar soluções que estejam bem adaptadas a um contexto. Para atingir esse objetivo, as diferentes variáveis arquitetônicas existentes são combinadas e ajustadas. A partir desse panorama, este autor postula dois itens necessários para que o projetista consiga ter controle sobre o processo de projeto, mais especificamente o programa e aspectos relacionados.

A primeira condição é que deve ser possível gerar, com uso de simbologias, ou de maneira diagramática, uma quantidade considerável de alternativas aplicáveis ao projeto em questão. Em segundo lugar, deve ser possível expressar todos os critérios em termos do mesmo simbolismo. As soluções geradas nesse processo devem então ser validadas pela comparação entre o simbolismo das alternativas criadas e o simbolismo dos critérios. Ou seja, os critérios e as soluções devem utilizar uma mesma linguagem.

Em 1977, Alexander propôs 253 parâmetros de projeto (“*design patterns*”) como forma de demonstração da sua teoria. Com base neles alguns aspectos ficam evidenciados. Há critérios em arquitetura que estão presentes de forma repetida nos projetos. As soluções projetuais fazem uso destes critérios de diferentes maneiras porque sua composição se adapta ao contexto e são únicas, como também Grobman, Yezioro e Capeluto (2010) indicam. Dessa forma, os parâmetros de projeto, que possuem simbologia própria, podem ser combinados e recombinados infinitas vezes sem nunca serem usados exatamente da mesma forma.

Serra (2014) refere-se aos parâmetros de Alexander como espécies de “objetos” mínimos e elementares do ambiente construído, ou os “átomos” do projeto. Em sua interpretação desse conceito, o autor deixa claro que estes “objetos” não têm seu sentido físico

tradicional na arquitetura, como portas, janelas (ou quaisquer outros referenciais dessa natureza), mas são abstratos. Sua compreensão se dá pela relação que estabelecem entre si, seus arranjos. Serra (2014) até mesmo os considera padrões de relacionamentos.

Com todas estas considerações, ao utilizar métodos gráficos nessa etapa de programa, deve ser considerado, adicionalmente, um aspecto prático: a acessibilidade de compreensão dessas informações pelo arquiteto. Existem alguns procedimentos clássicos tradicionalmente aplicados a esta etapa. Para citar alguns, há os diagramas de bolha, os diagramas de zoneamento ou as análises de adjacência espacial descritos por White (1995), que serão apontados mais à frente na seção de RA em etapas iniciais.

Ainda que cada profissional possa utilizar suas próprias formas de abordagem ao programa, o uso de métodos reconhecidos e válidos em funcionalidade contribui positivamente ao processo. Novas ferramentas de auxílio ao programa podem, porém, ser testadas ao compreender e unir a base teórica utilizada naqueles métodos tradicionais sob novas condicionantes e perspectivas tecnológicas. Com isso, é possível atualizar os métodos de programa e ainda assim permitir que continuem conectados à sua função analítica de formulação e verificação de hipótese, à antecipação de acontecimentos, ações características dessa fase (Moreira, 2007). Essa atualização estaria não obstante, pareada com a conexão com outras etapas e informações projetuais, apoiando uma maior acessibilidade aos conteúdos exigidos no programa.

2.1.5 Arquitetura escolar

A elaboração do programa é feita independente de qual função o edifício final terá. Nesses termos, esta pesquisa poderia ser desenvolvida tendo como base qualquer tipologia. Contudo, pela importância dos edifícios escolares no desenvolvimento humano e por estarem definidos conceitos essenciais para o projeto de escolas, os PPs de Nair, Fielding e Lackney (2013), este tema foi selecionado. Além disso, a pesquisa de Souza (2018) apresentou a uma análise mais específica no que se refere à representação gráfica dos parâmetros de projeto, e este aspecto será essencial no presente trabalho.

A arquitetura escolar vivenciada hoje ainda é baseada em elementos arquitetônicos que são utilizados há mais de 200 anos. Esses elementos são uma combinação de espaço e forma sustentados por conceitos educacionais e compõem os ambientes utilizados por alunos, professores e todos aqueles relacionados a estes locais. Com isso a chamada tipologia escolar foi assim determinada e denominada com base em semelhanças físicas entre projetos dessa natureza.

O tipo, porém, se distingue de um modelo. Este é um padrão fixo, como um carimbo invariavelmente repetido, enquanto aquele é adaptável. Argan (1963) defende que as tipologias surgem como uma resposta às condições históricas. Para tanto, em análises retrospectivas são observadas formas de associações semelhantes entre espaços com funções próximas. Montaner (2017), entretanto, questiona justamente a referência que se faz atualmente às tipologias. A crítica tipológica, especificada pelo autor como algo proposto nas décadas de 1970 e 1980, vê os tipos como exigentes de um rigor e historicismo, baseados em retrospectivas arquitetônicas. No entanto, tempos que exigem novos impulsos culturais e sociais exigiriam a transformação do pensar tipológico para um projetar diagramático, segundo Montaner (2017). Tal proposta é levantada porque os diagramas representam dinamicidade, pensamento prospectivo e que enfatiza diferenças.

Nesta pesquisa, essas considerações dinâmicas são essenciais. Ainda assim, continuaremos a tratar a arquitetura escolar como um “tipo”, por fazer parte de um campo de projetos específico voltados para a educação. Suas funções, orientadas ao ensino e aprendizagem, são inevitavelmente repetidas e indispensáveis, ainda que sua materialização possa variar. Os parâmetros aqui descritos, por sua vez, são representados através de diagramas e, ao serem combinados de distintas maneiras para cada contexto, garantem a imprescindível unidade e dinamicidade de cada projeto.

Dentro desse panorama, sabe-se que existem diversas frentes de informações consideradas na etapa de programação. Estas podem ter origem em avaliações pós-ocupação (APO), legislações, necessidades do usuário, objetivos de projeto, dimensões e relações do contexto e repertório. Ainda que exista relação entre estes aspectos, na presente pesquisa o foco está no repertório, considerando a importância da inclusão dos PPs e as análises projetuais e de sua representação. Eles foram analisados frente os possíveis relacionamentos entre partes.

2.1.5.1 Parâmetros de projeto e diretrizes para arquitetura escolar

Todo projeto arquitetônico possui objetivos relacionados às funções que o edifício construído precisa dar suporte. Independente da maior ou menor flexibilidade de rearranjo desses espaços, o princípio básico da arquitetura é projetar com um determinado fim. O projeto de escolas, como tantos outros exemplos possíveis, possui particularidades, e parâmetros específicos foram listados para dar suporte às decisões dos projetistas no que diz respeito à funcionalidade.

Em uma releitura de Alexander, Ishikawa e Silverstein (1977), Nair; Fielding; Lackney (2013) criaram 29 parâmetros de projeto para a arquitetura escolar. Ao observar

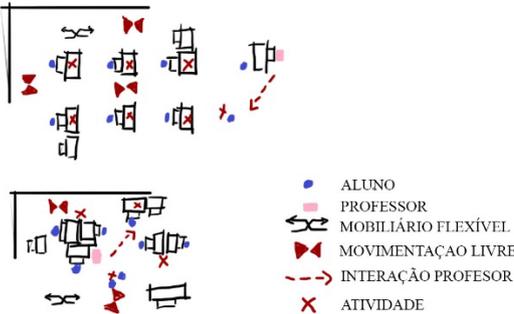
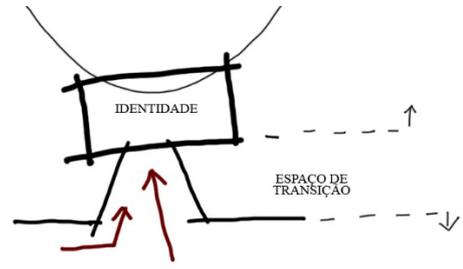
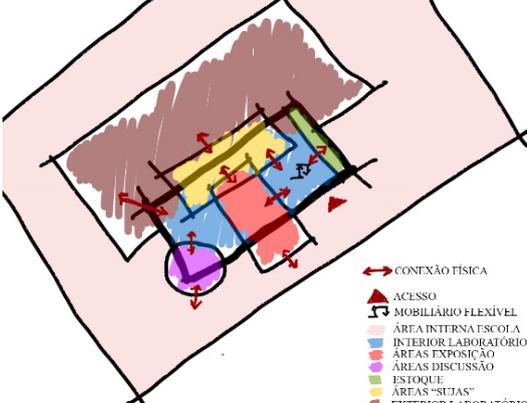
ambientes educacionais, estes autores puderam levantar uma série de “padrões” arquitetônicos que fazem com que a comunidade usuária dos espaços se sinta confortável tanto por aspectos técnicos da construção, quanto por seus elementos funcionais e estéticos. Diversos autores já postularam que a arquitetura tem o poder de afetar e condicionar o comportamento humano (Barker, 1968; Okamoto, 1996; Moser, 1998; Gifford, 2014; Günther; Pinheiro; Guzzo, 2015; Sörqvist, 2016; Roth, 2017). O mesmo pode ser dito para ambientes escolares em particular (Dudek, 2000; Taylor, 2009; Woolner, 2010; Kowaltowski, 2011; Leiringer; Cardellino, 2011; Nair; Fielding; Lackney, 2013).

Os parâmetros da arquitetura escolar, ao terem sido concebidos, preencheram uma lacuna relativa às necessidades de transformações e inovações nestes ambientes. Além disso, por meio do uso dos PPs, é possível uma associação à uma linguagem compreensível e compartilhável pelos envolvidos no projeto. Em um comparativo, enquanto as normativas para desenvolvimento de um projeto de escolas são fechadas e específicas, os parâmetros são abertos.

Especificamente com relação aos PPs, uma linguagem gráfica se torna essencial de maneira a não perder a essência de cada um deles por traduções textuais. A representação diagramática dos PPs é, pois, uma forma de visualizar conceitos e não espaços com formas bem definidas. Além disso, a expressão visual é a forma básica de comunicação em arquitetura. Por esse motivo, sua aplicação na elaboração do programa é estimulada.

Os parâmetros de projeto existentes para apoiar o processo de projeto voltado especificamente à arquitetura escolar foram representados graficamente por Souza (2018) e o **Quadro 2** os apresenta, juntamente às suas descrições, de forma resumida. Ao trabalhar com os novos parâmetros de projeto, leva-se em consideração a importância de ambientes de ensino mais flexíveis e adaptáveis, em concordância com necessidades dinâmicas do século XXI. Entretanto, os parâmetros precisam estar em constante modificação/renovação e adaptação de tal forma que respondam aos problemas da geração em que se encontram.

Quadro 2 – Parâmetros de projeto e representações (Souza, 2018)

PARÂMETROS DE PROJETO	REPRESENTAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
<p>1. Salas de aula, ambientes de ensino e comunidades pequenas de aprendizado</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Livre movimentação; - Diversas atividades; - Layouts modificáveis; - Trabalhos individuais ou em grupo; - Facilidade para ensino em equipe; - Professores interagem; - Área de circulação minimizada.
<p>2. Entrada convidativa</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Identidade própria; - Cobertura ampla; - Espaço de transição amplo; - Área de entrada com exposição de trabalhos ou vista para locais de atividade dos alunos.
<p>3. Espaços de exposição dos trabalhos dos alunos</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Diversas áreas pela escola; - Superfícies verticais e horizontais; - Utilizadas também como elemento decorativo - Feito com trabalho dos alunos ou sobre alunos.
<p>4. Espaço individual para armazenamento de materiais</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Próximos às áreas de estudo; - Cada aluno com sua mesa (ideal).
<p>5. Laboratórios de Ciências e Artes</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Layout flexível, com serviços nos perímetros; - Área expositiva; - Áreas para trabalhos sujos – integração interno-externo; - Áreas para debates com móveis confortáveis; - Estoque e armazenamento.

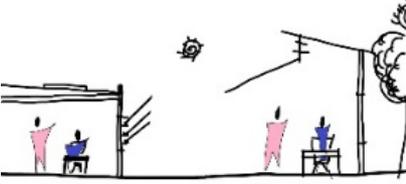
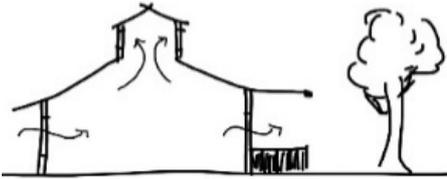
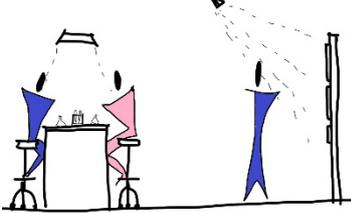
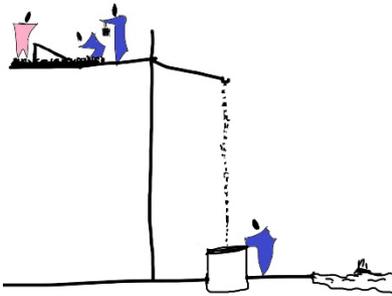
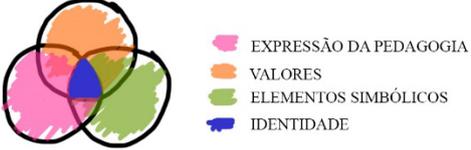
Quadro 2 - Parâmetros de projeto e representações (Souza, 2018) - continuação

PARÂMETROS DE PROJETO	REPRESENTAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
6. Arte, música e atuação		<ul style="list-style-type: none"> - Espaço exposição de atividade artística; - Espaços para apresentações espontâneas; - Teatro com possibilidade de abertura; - Área para construção de cenários, figurinos e outros elementos de teatro; - Rádio, atividades multimídia; jornal; - Áreas externas e salas multiuso.
7. Área de educação física		<ul style="list-style-type: none"> - Atividades em espaços internos; - Áreas tradicionais de esportes para usos variados.
8. Áreas casuais de alimentação	<p> ↔ CONEXÃO FÍSICA < CONEXÃO VISUAL ■ EXTERIOR DA ESCOLA ■ INTERIOR DA ESCOLA ■ REFEITÓRIO ■ ÁREAS CASUAIS DE ALIMENTAÇÃO </p>	<ul style="list-style-type: none"> - Refeições em cafés menores, com horários flexíveis; - Refeitórios menores; - Áreas com vistas para jardins.
9. Transparência	<p> ↔ CONEXÃO FÍSICA < CONEXÃO VISUAL ■ EXTERIOR DA ESCOLA ■ INTERIOR DA ESCOLA - OUTRAS ÁREAS ■ ÁREAS SOCIAIS ■ SALAS DE AULA ■ ADMINISTRAÇÃO ■ ESPAÇOS DE ESTUDO </p>	<ul style="list-style-type: none"> - Área administrativa aberta, acesso visual a áreas de socialização e estudo individual; - Visibilidade da entrada para áreas de estudo - Visibilidade entre classes e entre essas e áreas informais de aprendizagem; - Corredores com luz natural; - Visibilidade para corredores.
10. Vistas interiores e exteriores	<p> < CONEXÃO VISUAL ■ EXTERIOR DA ESCOLA ■ INTERIOR DA ESCOLA - OUTRAS ÁREAS ■ ÁREAS DE ATIVIDADES ESPECÍFICAS </p>	<ul style="list-style-type: none"> - Vistas para descansar a visão – horizontes fora da sala; - Uso de vidros.
11. Tecnologia distribuída		<ul style="list-style-type: none"> - Presente em grande parte dos ambientes escolares; - Diversidade de tecnologia.

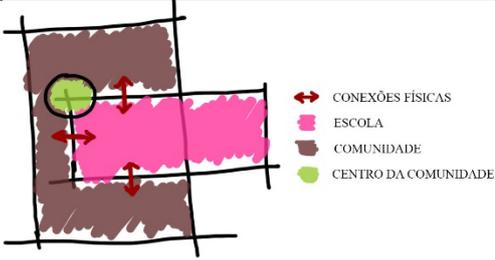
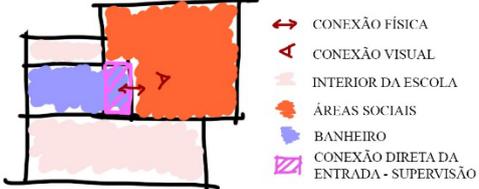
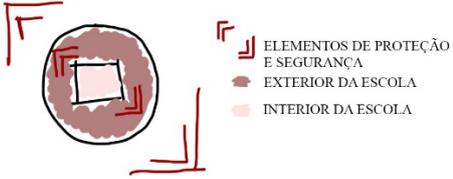
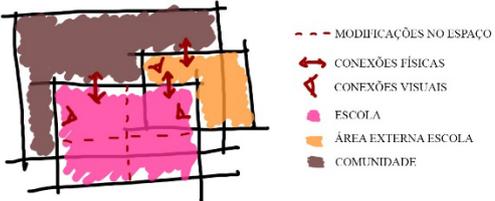
Quadro 2 - Parâmetros de projeto e representações (Souza, 2018) - continuação

PARÂMETROS DE PROJETO	REPRESENTAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
<p>12. Conexão entre espaços externos e internos</p>	<p> ←→ CONEXÃO FÍSICA < CONEXÃO VISUAL ■ AMBIENTE INTERNO ■ AMBIENTE EXTERNO ■ NATUREZA </p>	<ul style="list-style-type: none"> - Conexão com a natureza (trilha, horta, pomar); - Externos como extensão do interno (vistas, terraços, salas ao ar livre); - Conexões físicas diretas e de livre acesso.
<p>13. Mobiliários confortáveis</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Estofado - confortáveis; - Variedade.
<p>14. Espaços flexíveis</p>	<p> — SUPERFÍCIES SUFICIENTES - - - MODIFICAÇÕES NO ESPAÇO < MOBILIÁRIO FLEXÍVEL ■ ZONEAMENTO </p>	<ul style="list-style-type: none"> - Generosidade no dimensionamento; - Modulações inteligentes; - Redes de infraestrutura integrada; - Infraestrutura generosa; - Paredes suficientes; - Divisórias; - Móveis de fácil movimentação; - Zoneamento; - Fechamento separado da estrutura.
<p>15. <i>Campfire Space</i></p>	<p>))) ACÚSTICA COMPATÍVEL ■ ÁREA PARA PÚBLICO ■ LUGAR DE DESTAQUE </p>	<ul style="list-style-type: none"> - Área do especialista em local elevado (ou de destaque); - Acústica compatível; - Equipamentos de projeção.
<p>16. <i>Watering Hole Space</i></p>	<p> ←→ CONEXÃO FÍSICA < CONEXÃO VISUAL ■ EXTERIOR DA ESCOLA ■ INTERIOR DA ESCOLA ■ NICHOS DE ESTUDO EM GRUPO </p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aprendizados informais e colaborativos; - Nichos em espaços de circulação para trabalhos em grupo.
<p>17. <i>Cave Space</i></p>	<p> ←→ CONEXÃO FÍSICA < CONEXÃO VISUAL ■ EXTERIOR DA ESCOLA ■ INTERIOR DA ESCOLA ■ NICHOS DE ESTUDO INDIVIDUAL </p>	<ul style="list-style-type: none"> - Estudo individual, quieto, de reflexão.

Quadro 2 - Parâmetros de projeto e representações (Souza, 2018) - continuação

PARÂMETROS DE PROJETO	REPRESENTAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
18. Projeto para múltiplas inteligências		<ul style="list-style-type: none"> - Espaço com diversas características, de acordo com as inteligências múltiplas.
19. Iluminação natural		<ul style="list-style-type: none"> - Luz natural para apoio a eficiência energética; - Dispositivos de sombreamento em climas quentes; - Placas fotovoltaicas.
20. Ventilação natural		<ul style="list-style-type: none"> - Troca de ar – ventilação cruzada; - Janelas possíveis de serem manipuladas.
21. Iluminação, cor e aprendizagem		<ul style="list-style-type: none"> - Iluminação de acordo com as atividades e funções.
22. Elementos de sustentabilidade		<ul style="list-style-type: none"> - Redução do impacto da construção; - Materiais recicláveis – reaproveitamento; - Minimizar consumo de água; - Aproveitar a energia solar passiva; - Pensar na forma e orientação mais convenientes;
23. Assinatura local		<ul style="list-style-type: none"> - Expressão da pedagogia e valores da escola; - Elementos simbólicos internos ou externos.

Quadro 2 - Parâmetros de projeto e representações (Souza, 2018) - continuação

PARÂMETROS DE PROJETO	REPRESENTAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
24. Conexão com a comunidade	 <p> ←→ CONEXÕES FÍSICAS ESCOLA COMUNIDADE CENTRO DA COMUNIDADE </p>	<ul style="list-style-type: none"> - Localização próxima ao centro da comunidade; - Relação com comércio e infraestrutura locais; - Abertura para uso da comunidade.
25. Banheiros como os de casa	 <p> ←→ CONEXÃO FÍSICA △ CONEXÃO VISUAL INTERIOR DA ESCOLA ÁREAS SOCIAIS BANHEIRO CONEXÃO DIRETA DA ENTRADA - SUPERVISÃO </p>	<ul style="list-style-type: none"> - Associado a um ambiente não institucional; - Superar caráter impessoal; - Supervisionados, mas garantindo privacidade dos alunos; - Espaço adjacente a outros de supervisão constante; - Acesso permitindo supervisão passiva, a partir de áreas comuns.
26. Professores como profissionais	 <p> ←→ CONEXÃO FÍSICA △ CONEXÃO VISUAL SALA PROFESSORES ESPAÇO PARA REUNIÕES ESPAÇO PARA PREPARAÇÃO DE AULA E DESCANSO ARMAZENAMENTO </p>	<ul style="list-style-type: none"> - Escritórios e locais de armazenamento; - Espaços para reuniões de grupo; - Espaços para preparação de aula e descanso.
27. Recursos de aprendizado compartilhados e biblioteca	 <p> ←→ CONEXÃO FÍSICA △ CONEXÃO VISUAL ↔ TROCA DE APRENDIZADO ESPAÇOS COM RECURSOS DE APRENDIZAGEM </p>	<ul style="list-style-type: none"> - Recursos acessíveis a todos;
28. Proteção e segurança	 <p> ELEMENTOS DE PROTEÇÃO E SEGURANÇA EXTERIOR DA ESCOLA INTERIOR DA ESCOLA </p>	<ul style="list-style-type: none"> - Espaços externos protegidos para segurança interior-exterior do sítio da escola; - Espaços internos protegidos para segurança interior-exterior da escola.
29. Síntese dos parâmetros	 <p> - - - MODIFICAÇÕES NO ESPAÇO ←→ CONEXÕES FÍSICAS △ CONEXÕES VISUAIS ESCOLA ÁREA EXTERNA ESCOLA COMUNIDADE </p>	<ul style="list-style-type: none"> - Parâmetros funcionam no edifício como um todo.

Pensar na arquitetura do edifício educacional em termos de parâmetros de projeto é coerente porque eles incluem reflexões sobre ambientes para aulas (em suas diversas possibilidades), ambientes de alimentação, espaços administrativos, espaços para atividades físicas, laboratórios. Eles também reiteram a importância das conexões físicas e visuais, o contato com a natureza, a inclusão da comunidade, a identidade escolar, o cuidado com elementos de proteção e segurança, a acústica, a iluminação, entre outros atributos. Nesse sentido, um projeto que é indubitavelmente desafiador pelas inúmeras relações entre agentes diferentes e pelas várias necessidades do século XXI, como exposto por Taylor (2009), Walden (2009), Woolner (2010), Kowaltowski (2011), Leiringer; Cardellino (2011), Nair; Fielding; Lackney (2013), Deliberador, (2016), Souza (2018), é holisticamente abordado pelos parâmetros.

Em suma, a importância de se incluir os parâmetros na elaboração do projeto está no fato de que esses são aspectos essenciais que devem ser sempre incluídos. A prioridade dada à inserção dessas características varia conforme o contexto do projeto e objetivos específicos. Inicialmente, os PPs não são soluções formais, o que é um dos aspectos mais importantes a serem compreendidos. Isso significa que a forma de aplicação dos PPs, ainda que estes sejam sempre os mesmos, nunca será a mesma e cada projeto será único, conceito que se baseia na teoria dos parâmetros de projeto de Alexander, Ishikawa e Silverstein (1977). Por este motivo, sua inserção desde o programa arquitetônico é imprescindível e auxilia na reflexão sobre a relação entre espaços e atividades. A partir deste ponto, e seguindo para as próximas fases do projeto, é possível dar forma às decisões anteriores de conexão, escalas, zoneamento, entre outras.

2.2 Tecnologia

[...] The search for the roles that technology can play in the architectural design process may actually change how the built environment is conceived, constructed, and used. [...] ⁴ (Kalay, 2004, p. 75)

Inovações na tecnologia nem sempre estiveram associadas a uma “Era Industrial”, e nem mesmo a uma “Era Digital”, apesar de potencializadas nesses períodos. Em seu tempo, a página impressa e a possibilidade de expansão da comunicação escrita (o que incluiu a impressão de projetos arquitetônicos) foram avanços tecnológicos. Assim, o uso da palavra

⁴ Tradução da autora: A busca pelos papéis que a tecnologia pode ter no processo de projeto arquitetônico pode realmente mudar a forma como o espaço construído é concebido, construído e usado.

“tecnologia” pode ter diferentes abordagens, a depender da perspectiva que é considerada. Contudo, nesta pesquisa, essa tecnologia está sendo aplicado mais próximo das técnicas modernas de computação, ou tecnologias digitais – do pós-Segunda Guerra Mundial – e baseadas no uso extensivo e crescente de sistemas digitais, com uso de computadores para o desenvolvimento do projeto de arquitetura.

Kalay (2004) e Grobman, Yezioro e Capeluto (2010), alguns dos diversos autores que tratam do processo de projeto contemporâneo em arquitetura, apontam que a introdução do computador nessa área abriu possibilidades para inclusão e processamento de maior quantidade de dados. Ao mesmo tempo, as tecnologias digitais têm sido responsáveis por modificar práticas arquitetônicas de modo intensivo, com inovações em modelagem e documentação que surgem em curto espaço de tempo, como também indica Erdolu (2019). Tendo em vista estes fatores, é estimulada a existência de inúmeras pesquisas que se interessam em explorar novas aplicações para estas ferramentas (Dalsgaard; Mose Biskjaer; Frich, 2023; Kolarevic, 2004; Schnabel, 2011).

Se, por um lado, a tecnologia surge como uma resposta a novas demandas, por outro, essas necessidades também estimulam o desenvolvimento de novas tecnologias, ou novas aplicações para tecnologias inicialmente utilizadas em outras áreas ou com outras abordagens. Nessa coexistência entre necessidades projetuais e oferta de ferramentas digitais, o próprio processo de projeto de arquitetura tem se desenvolvido em uma direção onde mais experimentações, investigações e avaliações são estimuladas e, principalmente, são possíveis antes da construção do edifício. Nesse panorama, a complexidade arquitetônica se torna cada vez mais perceptível.

Atualmente, os recursos digitais estão inseridos, em diferentes graus, em todas as etapas do processo de projeto. Eles modificam, mas também beneficiam, tanto os estudos iniciais quanto a modelagem e até mesmo a avaliação de edifícios. Esses aspectos geram reflexões sobre a própria concepção e representação do projeto (Buery; Dias, 2018).

O presente trabalho se concentra na possibilidade da criação de novos papéis para ferramentas digitais utilizadas na arquitetura. As novas aplicações contribuem para expandir e inovar procedimentos em etapas do projeto, bem como mudam perspectivas e formas que as atividades são realizadas. Esse processo condiz com a contemporaneidade arquitetônica e vai ao encontro à existência de um contínuo digital ao longo do processo de projeto.

2.2.1 Arquitetura e projeto digital

A utilização de ferramentas digitais começou como uma espécie de substitutas das ferramentas manuais. Ao serem aprofundadas as relações com as tecnologias CAD, percebeu-se que seu potencial ia além dessa aplicação direta em representações gráficas. Concedeu-se à máquina, então, outras atribuições como a de auxílio na geração e análise de soluções com base em parâmetros inseridas pelos humanos (Celani, 2003) e, ainda hoje, a AEC tem espaço, e necessidade, para expansão e uso de tecnologias BIM, desenho paramétrico, RA, drones, escaneamento e impressão 3D, entre outros (Celani, 2020).

Por sua vez, a conexão de informações entre etapas e participantes do processo de projeto por meio das chamadas tecnologias BIM permitiu um controle maior de variáveis e atributos do objeto, com suporte paramétrico para seu comportamento (Eastman *et al.*, 2014). Além disso, o uso de softwares de modelagem 3D e animação abriu portas para explorações formais. Em virtude dessa evolução dos meios de criação e representação arquitetônica, o impacto no próprio processo de projeto é percebido.

Atualmente, uma ou mais das etapas do projeto, senão todas, depende de ferramentas digitais de representação (Martínez, 2000; Erdolu, 2019). É natural, portanto, que o desenvolvimento de projetos em ambientes virtuais (AVs) ocorra de maneira diferente de quando acontecia essencialmente fora dele (Schnabel, 2011). Hewitt (1985) e Kalay (2004), ainda que separados quase 20 anos em seus estudos, fazem uma retrospectiva observando que a utilização de desenhos em arquitetura já foi motivo para transformar a própria profissão de arquiteto, separando-a da construção. O advento de computadores, então, teve impacto ainda mais profundo na área de arquitetura, engenharia e construção (AEC), e no repertório dos modos gráficos.

A modelagem 3D digital, mas principalmente aquela baseada em parâmetros específicos, é essencial para a arquitetura contemporânea. A parametrização tem suas origens na década de 1980, mas há expansão no uso em arquitetura apenas a partir dos anos 2000, como indica Baldessin e Vizioli (2018). Dentro desse panorama de aplicação de tecnologias paramétricas é importante que sejam conhecidos os dados ou aspectos variáveis, bem como as regras que regem suas alterações. Ao serem aplicados estes critérios, o processo de manipulação dos dados é agilizado quando alterações forem requeridas. Os objetos paramétricos são personalizáveis e permitem interfaces com variados tipos de análises (Eastman *et al.*, 2014).

A ressignificação de usos tradicionais de tipos de desenho ou sistemas representativos faz parte dessa discussão. Ela ocorre com o tempo e a partir de novas demandas

práticas. Além disso, ela também acontece por uma mudança de conjuntura social que envolve a reflexão dos processos cognitivos envolvidos na elaboração do projeto e transmissão dos resultados, finais ou ainda parciais, na medida em que o processo ocorre.

Em outras palavras, as transformações de concepção e forma na arquitetura advém de estímulos externos, que são as mudanças de posicionamento frente aos acontecimentos no mundo, e evoluções internas do próprio mecanismo de concepção, as atualizações de softwares e equipamentos. Wölfflin (2006) admite essa dualidade dizendo que novas visões que agem internamente, enxergando possibilidades nunca testadas, dependem de condicionantes externas para florescerem. Para Tomasello (2014), nesse mesmo sentido, as formas gráficas são geradas em circunstâncias que vão além de experiências particulares, mas são organismos que dependem de acontecimentos em um âmbito menos pessoal.

Entretanto, independentemente do contexto e do tipo de ferramenta utilizada para comunicar as informações arquitetônicas, a representação gerada será dependente do meio escolhido (Hewitt, 1985; Martínez, 2000). Isto é, a forma que os elementos são graficamente expressos estará inteiramente conectada à linguagem da própria ferramenta, (escolha instrumental); em outras palavras, a ferramenta utilizada na construção de um modelo depende da utilização de símbolos gráficos de determinada forma, o que corresponde um mundo projetual traduzida de uma ideia, ou possibilidade, do mundo real (Mitchell, 2008). Para cada instrumento de desenho ou mídia de representação, há, pois, um mundo projetual (com simbologia) diferente. O domínio da linguagem visual em arquitetura é importante, deste modo, para que o projetista consiga navegar entre as diferentes tecnologias (e seus símbolos) e se adaptar com mais destreza a partir de conexões feitas através de conhecimentos prévios da comunicação visual utilizada nessa área do conhecimento.

2.2.2 Realidade Aumentada no projeto arquitetônico

Até aqui ficou destacado que, para o arquiteto, transmitir ideias é sinônimo de lançar mão de uma ou várias ferramentas, a fim de registrar e interpretar dados, que podem ser croquis, desenhos, diagramas, planos, maquetes (Montaner, 2017). Muitas dessas ferramentas são digitais e dependem de habilidades computacionais específicas. Elas permitem que os arquitetos elaborem projetos mais complexos e, até certo ponto, sofisticados sob o ângulo de detalhamento de informações.

Sendo assim, as atuais ferramentas CAD dão suporte às diversas etapas do processo de projeto de maneiras diferentes. A depender dos tipos e quantidade de dados, nível de detalhamento da informação ou qualidade de visualização do modelo, existem softwares ou

equipamentos específicos para atender a demanda. Todavia, usualmente as características destes recursos digitais direcionam sua aplicação em determinado contexto, isto é, em determinada etapa do projeto.

O desenvolvimento de documentação e criação de projetos de arquitetura, modelagem 3D, renderização, edição de imagens, estudos de viabilidade, entre outras, são funções que podem estar incluídas em um ou mais softwares. É importante que se tenha em mente a possibilidade de conectar essas informações de natureza variada. Essa interoperabilidade, apesar de muitas vezes ainda não ser tão direta e simples, é essencial para favorecer a continuidade entre as fases do processo de projeto, garantindo a transmissão automática de informações. Por este motivo, entender também como uma ferramenta já aplicada em outras etapas pode ter outros usos se mostra válido como um dos caminhos para conectar esses recursos.

O uso da RA em arquitetura é uma forma de trabalhar com ambientes virtuais, como é o caso também da RV ou da RM. O que as difere de outros ambientes virtuais é o grau de imersão, que é também um aspecto que as difere entre si. Como um dos principais potenciais da RA está sua capacidade de interação em tempo real, no próprio ambiente de trabalho. Para tanto, objetos virtuais (gerados com auxílio de computadores) são projetados no ambiente do usuário e coexistem com ele (Hofmann; Mosemghvdlishvili, 2014; Moreira; Ruschel, 2017). Sua exibição e interação pode ocorrer pela utilização de dispositivos de visualização como projetores, monitores, *smartphones* ou óculos XR. Para seu desenvolvimento são requeridos também conhecimentos relacionados a técnicas de rastreamento e detecção (Moreira, 2018).

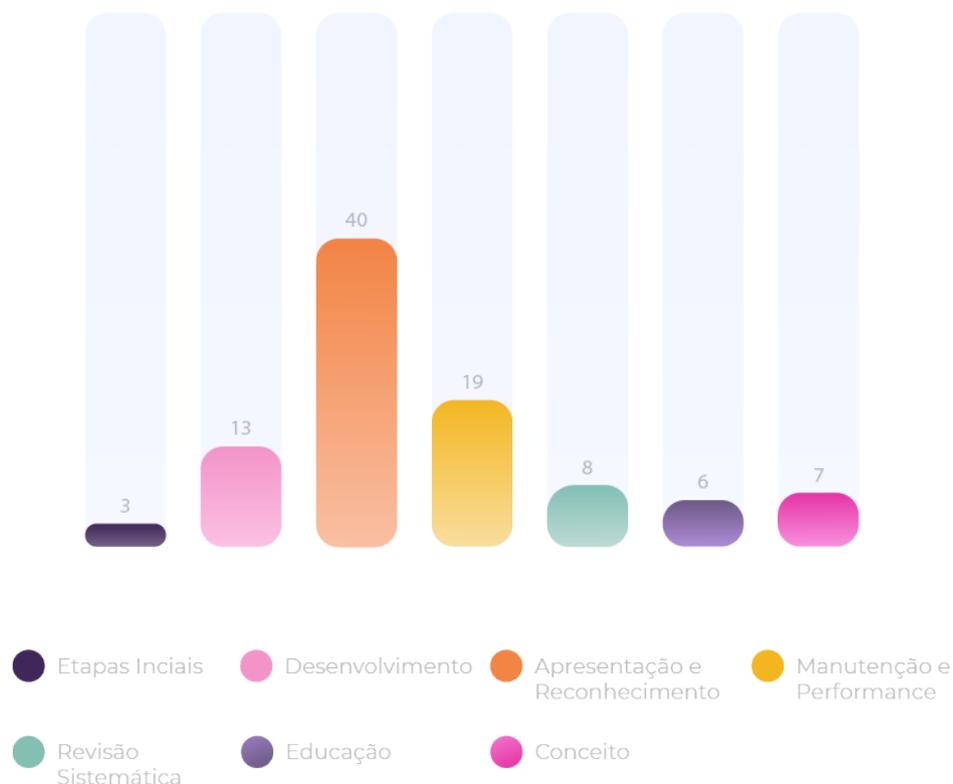
Especificamente no caso do uso de óculos para RA, os chamados *Head Mounted Display* (HMD), como ilustração da **Figura 5**, a tecnologia pode receber o nome de Realidade Mista. Esse contraponto ocorre com relação aos demais tipos de técnicas dessa visualização porque, nesse caso, há imersão em mundo onde existe contato e visualização da realidade e, ao mesmo tempo, também há superimposição de elementos virtuais (Cuperschmid, 2014). Toda essa experiência, juntamente com as interações daí decorrentes ocorrem através das lentes do equipamento e permitem que o usuário mantenha as mãos livres, o que intensifica a vivência da tecnologia.

Os usuários de RA que o fazem por meio de *smartphones* ou *tablets*, por outro lado, possuem uma experiência diferente, o que foi ilustrado na **Figura 6**. A visualização com a utilização destes equipamentos é mais acessível, uma vez que tanto *smartphones* quanto *tablets* já são aparelhos com uso ampliado. Eles não permitem a completa imersão em um ambiente com objetos virtuais superpostos, mas permitem interações mais simples e diretas com

marcadores físicos de RA. Essa característica não é necessariamente um ponto negativo deste modo de visualização, uma vez que ela pode ser desejada, como em casos de visualizações rápidas para fins pedagógicos. Nesse sentido, as decisões sobre quais equipamentos utilizar passam pelas questões de público-alvo, facilidade de aquisição e objetivo de aplicação.

No entanto, a RA tem sido aplicada quase exclusivamente em etapas de desenvolvimento, apresentação, construção ou manutenção do projeto que são essencialmente formais e onde já existe um modelo físico (Seichter, 2003; Tonn *et al.*, 2008; Wang, 2009; Fazel; Izadi, 2018; Kontovourkis *et.al.*, 2019). Isso foi comprovado também por uma revisão sistemática realizada que buscou analisar a distribuição do uso não apenas de RA, mas de todo o espectro XR, ao longo do processo de projeto em AEC. De 69 artigos analisados em sua completude, mais de 55% (40 artigos) foram enquadrados na categoria de Apresentação e Reconhecimento (**Figura 8**), ou seja, que possuíam parte ou toda discussão voltada para uma etapa essencialmente formal de demonstrações do projeto em desenvolvimento.

Figura 8 – Distribuição de artigos por etapa do processo de projeto



Fonte: A autora (2023)

Em outras palavras, a RA tem tido usabilidade voltada para apresentação de modelos digitais ou objetos virtuais em ambientes reais. Nesse sentido, (Picon, 2010) havia dito

que nessa tecnologia se encontra um dos grandes potenciais e contribuições dos avanços da cultura digital em arquitetura, como um todo, por essencialmente conectar o ambiente físico ao digital, ao invés de se concentrar especialmente no último. Seja para visualização de projetos, construção ou operação, essa tecnologia auxilia de fato no reconhecimento de características físicas de maneira rápida e acessível para a compreensão também de pessoas não acostumadas com a linguagem e as formas gráficas arquitetônicas. Sua aplicação desde etapas iniciais pode ser discutida sob a luz dos impactos na expansão de seu uso e conexão também por esse meio representativo.

2.2.2.1 RA em etapas iniciais

É compreensível que grande parte das investigações acadêmicas sobre o potencial da RA buscam aprofundar seu impacto na mudança de percepção dos usuários frente ao espaço (Hofmann; Mosemghvdlishvili, 2014). Contudo, ainda que a RA seja essencialmente aplicada em etapas específicas como as indicadas acima, é interessante que seu uso seja testado também com outras abordagens. Por ser uma tecnologia em expansão na arquitetura, ainda existem muitos caminhos a serem explorados.

Considerando que uma das principais características da RA, e aquela que a diferencia em detrimento de outras de natureza similar, seja permitir que o contato com o mundo físico não seja perdido, ferramentas que utilizam essa tecnologia podem vir a auxiliar também nas fases iniciais do projeto. Da mesma forma que podem ser utilizados papeis e lápis, ou softwares em AV não imersivo para a criação de diagramas e análise de informações nessa etapa, a RA pode ser incluída como um recurso possível.

A qualidade de manter a percepção do real permite que não seja perdido o contato visual com ferramentas e objetos auxiliares, quando necessário, além de favorecer a permanência da comunicação direta entre integrantes no desenvolvimento do projeto. Ademais, utilizar a RA, ainda que através dos óculos, possivelmente garante maiores níveis de conforto do usuário quando comparados com o uso da Realidade Virtual. Isso porque a primeira permite a permanência do contato com o real, enquanto a segunda transporta o usuário para um ambiente totalmente imersivo, ação que pode gerar tonturas ou efeitos colaterais similares pelo conflito entre informações estáticas e de movimento, sintomas tidos como insignificantes em RA (Vovk *et al.*, 2018).

White (1995), em seu livro especificamente voltado para técnicas de diagramação dos dados do programa de necessidades, diz que os arquitetos possuem a tendência a querer pular essa etapa inicial onde o projeto é de fato reconhecido e compreendido. Fazendo isto,

estes profissionais desejam se encaminhar diretamente para as etapas de definição da forma, justamente aquelas onde a RA é mais empregada. Para o autor, contudo, é preciso que sejam balanceadas as técnicas de ambas as abordagens; desenhar as soluções é tão importante quanto visualizar e organizar os requisitos.

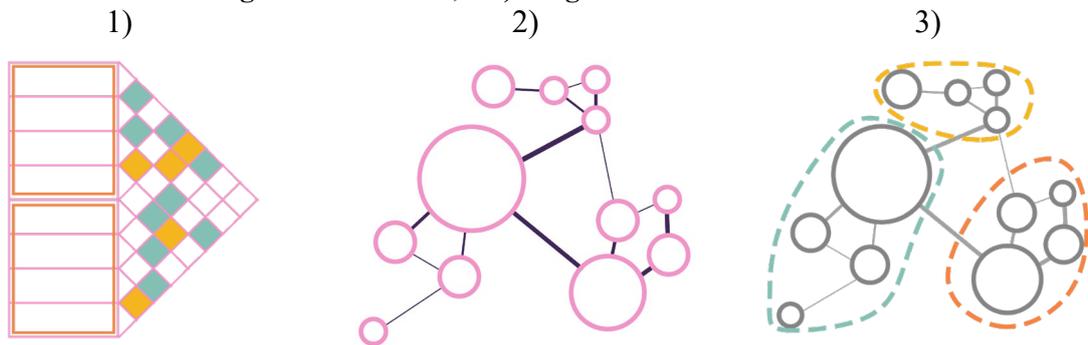
Nesse sentido, o uso da RA em etapas iniciais se coloca como uma forma de estímulo em uma arquitetura contemporânea essencialmente digital⁵. Para tal transição é preciso antes que sejam compreendidas as próprias técnicas manuais de programação arquitetônica. Por esse motivo, os estudos de White (1995) são aqui retomados. Suas análises auxiliam na compreensão de que o uso de diagramações dá suporte a uma compreensão sistêmica do problema, à definição do problema e dos pontos principais a serem trabalhados para, de fato, penetrar em suas questões e explorar alternativas. Em suma, investir na diagramação (que para ele é um termo usado exclusivamente nesta etapa inicial) é uma forma de descobrir ideias que não aflorariam em outras condições.

Mais do que permanecer em um discurso teórico e conceitual da importância do programa, White (1995) apresenta métodos de análises. É a partir de uma releitura destes métodos que a ferramenta RA pode ser desenvolvida. A começar, o método de análise de adjacência espacial é uma ferramenta que leva à reflexão sobre as funções e relação de proximidade ou distanciamento, é uma forma de entender as operações a serem realizadas no futuro edifício.

A análise de adjacências pode ser realizada de três formas gráficas, muitas vezes associadas: a matriz de relacionamentos, o diagrama de bolhas e o diagrama de zoneamento (**Figura 9**). Com a combinação dessas ferramentas é possível que seja organizado de forma mais clara a disposição e zoneamento das funções, além de possíveis conflitos de atividades ou demandas. Vale lembrar que nesse momento ainda não se trabalha com elementos físicos característicos da arquitetura, como paredes, desníveis ou portas e janelas.

⁵ No âmbito da contemporaneidade arquitetônica lida-se com sua complexidade entendendo a transformação da concepção de documentos gráficos. A tecnologia computacional se relaciona tanto ao conteúdo conceitual e gráfico quando à percepção projetual, mudando o paradigma do pensar projeto. A utilização de programas de computador passa a ter um caráter de sistematização de dados, garantindo a organização e manipulação facilitada das informações e conjunto de objetos inseridos digitalmente. (Rocha, 2005)

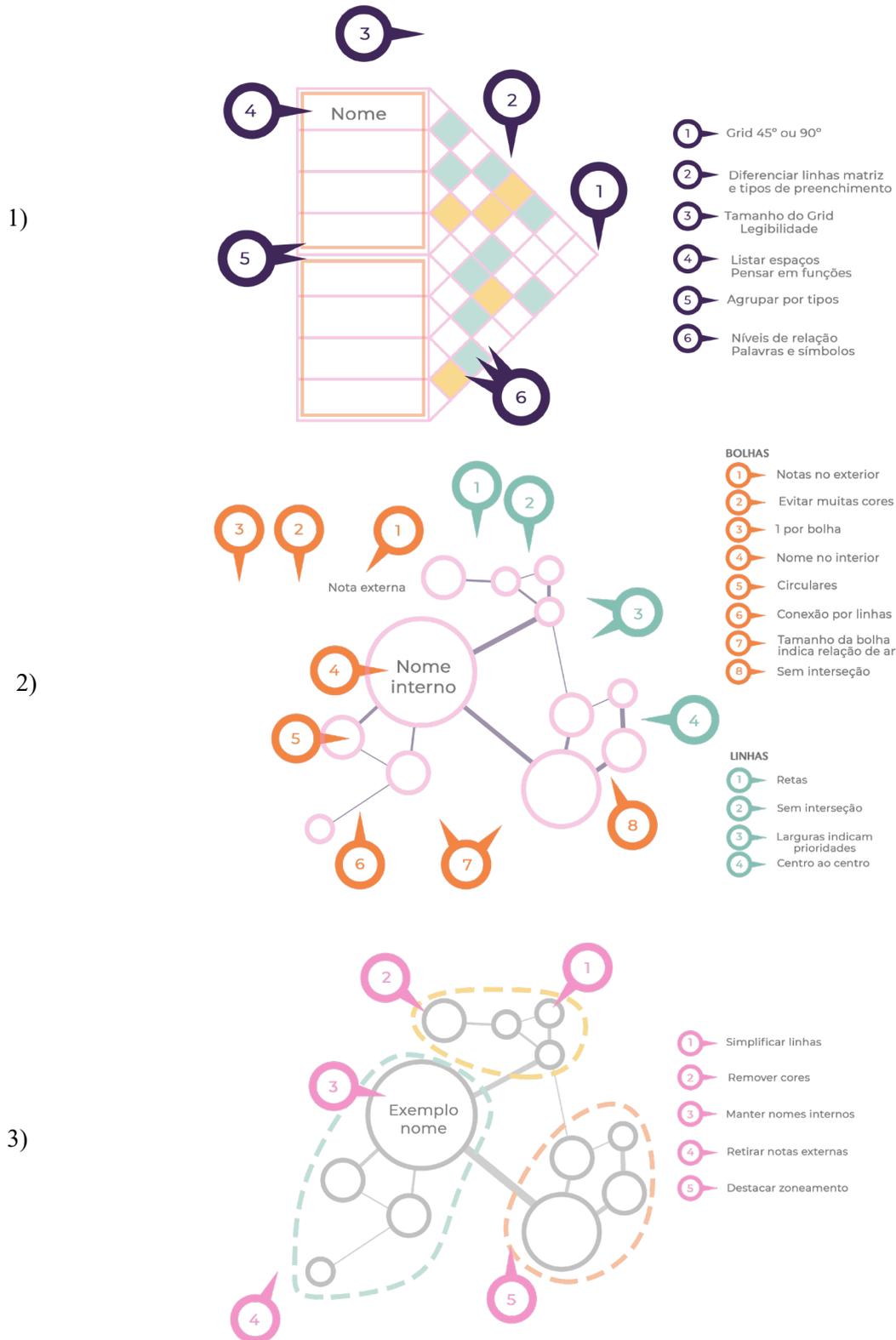
Figura 9 – Ferramentas de análise de adjacência - 1) Matriz de relacionamentos (45°); 2) Diagrama de Bolhas; e 3) Diagrama de Zoneamento



Fonte: A autora (2023)

As formas incluídas na diagramação do programa são geometrias simples, seja por círculos, quadrados, linhas, entre outros. Essas são representativas de escalas, funções, conexões. Na **Figura 10** são destacados os elementos básicos considerados para a construção de cada uma das ferramentas citadas na **Figura 9**. Nesse sentido, percebe-se que existe uma linguagem particular para que a representação seja realizada e compreendida. A releitura destes itens em RA pode ser um facilitador para organização e visualização destes dados, mas exigiria que as formas fossem traduzidas para um contexto tridimensional e essa contraposição foi ilustrada na **Figura 3** e na **Figura 4**.

**Figura 10 – Linguagem gráfica utilizada nos diagramas para o programa de necessidades -
1) Matriz de relacionamentos; 2) Diagrama de Bolhas; e 3) Diagrama de Zoneamento**



Fonte: A autora (2023)

Os usos de quaisquer ferramentas analíticas nessa fase projetual não garantem por si só o sucesso do projeto, mas direcionam decisões mais acertadas pelo amplo estudo que

permite. Sua eficácia depende da habilidade do profissional e seu comprometimento. Assim, seja por métodos tradicionais, com uso de softwares já amplamente aplicados em arquitetura, ou por meio da RA, a diagramação na fase de programa de necessidades é essencial.

Nesta pesquisa, o foco está em um tipo de dado específico, os parâmetros de projeto. Sabe-se que os PPs são conceitos já expressos por diagramas bidimensionais, pela combinação de partes menores, sendo interpretados pelo seu impacto funcional. Assim, considera-se que seja possível a representação de ambos por meio de diagramas tridimensionais.

Criar programas em RA exige organização prévia dos tipos de dados a serem inseridos, que sejam determinadas as interações permitidas e estabelecidas formas de rastreamento para a atividade, compilando e analisando o conteúdo gerado. O software onde a aplicação é construída também acaba por restringir ou expandir algumas dessas possibilidades, então sua escolha exige objetivos claros. Todos estes fatores também estão ligados às dificuldades técnicas de estruturação e funcionamento das ferramentas. Além disso, existem limites dos próprios equipamentos utilizados na capacidade de memória e no rastreamento e visualização, como demonstrado por diversas pesquisas (Cuperschmid, 2014; Hofmann; Mosemghvdlishvili, 2014; Moreira, 2018). Essas questões serão inevitavelmente testadas durante todas as atividades que façam uso destas ferramentas, como é o caso desta pesquisa, ainda que o objetivo principal do estudo não seja este.

2.3 Comunicação

*The concept of organization, or conversely of chaos, is central to the issue of representation. Representations are based on implicit or explicit organizations found in the realities that they stand for.*⁶ (Akin, 1986, p. 112)

A arquitetura, de uma forma prática e objetiva, oferece abrigo pela combinação de espaços cheios e vazios. Simultaneamente, e de forma mais abstrata, ela age também como símbolo e como meio de comunicação visual (Laseau, 2001; Roth, 2017), sendo os próprios diagramas ou desenhos diagramáticos uma de suas formas mais antigas (Sperling, 2003). Essa simbologia está presente tanto na representatividade final da forma criada, mas também pode ser percebida durante o próprio processo de projeto. No seu desenvolvimento, a materialização das ideias por meio de representações comunica vários aspectos relacionados a pensamentos, aspirações e valores de uma época.

⁶ Tradução da autora: O conceito de organização, ou, em contrapartida, o caos, é essencial à questão da representação. Representações são baseadas em organizações implícitas ou explícitas encontradas nas realidades que elas representam.

Antes de aprofundar a análise das representações em arquitetura, faz-se necessário entender um pouco as próprias formas de comunicação. A princípio, a comunicação humana realizou-se de maneira gestual e com um número limitado de sons. Laignier e Fortes (2009) indicam que não havia uma linguagem com códigos nos termos que conhecemos hoje, e nem mesmo a produção de sons em forma de fala e articulação de palavras era possível devido à constituição corporal. Essa comunicação humana pré-histórica, de aproximadamente 50 mil anos atrás, era, ainda assim, superior à de outros animais.

Apenas com o tempo a comunicação passou a ser mais complexa, como deixa claro Laignier e Fortes (2009), com mudanças no sistema simbólico e de sinais tanto orais quanto escritos. As discussões sobre a comunicação como conceito ocorrem, contudo, de forma sistemática apenas a partir do século XX. E a intensificação de estudos nessa área ocorreu particularmente por conta das novas relações com as tecnologias.

Foi após a Primeira Guerra Mundial que a comunicação passou a ser uma questão real de destaque (Littlejohn; Foss, 2011). O rádio, a televisão, o telefone e a rede de computadores, todos tiveram grande impacto sobre os modos de se comunicar. Estas novas tecnologias tiveram o poder, dentro das suas limitações e ao longo de sua evolução, de transmitir mais informações, mais rápido, mais longe, e atingir mais pessoas, com menos esforço.

Para entender o fenômeno da comunicação, muitos teóricos buscaram definir este termo e algumas variações são encontradas. Uma das definições divide três pontos principais relacionados à comunicação (Littlejohn; Foss, 2011). O primeiro é pelo nível de observação (ou abstração), podendo ser uma comunicação inclusiva, quando é compreendida por uma ampla parcela de pessoas, ou restritiva, no caso de a mensagem ser específica, com um conteúdo particular e voltada a um grupo ou área de conhecimento, por exemplo. A segunda possibilidade de interpretação da comunicação é pela sua intenção, no caso de a mensagem comunicada se dirigir estritamente ao receptor ao qual se direciona, ou, por outro lado, a mensagem requerer um receptor genérico.

Por fim, a comunicação pode ser avaliada pelo julgamento da ação. Algumas informações comunicadas são avaliadas em termos de quão bem-sucedido foi a captação da mensagem, enquanto em outros casos o ato de transmitir a mensagem é mais importante que a sua compreensão. De todo modo, princípios e regras estabelecem formas particulares para que quaisquer conteúdos sejam comunicados e a mensagem é, em princípio, codificada pelo emissor, transmitida e, por fim, decodificada pelo receptor. Em outras palavras, os sistemas de

comunicação possuem essencialmente uma fonte e um destino que diferem no espaço e no tempo (Pignatari, 2003).

A comunicação visual, porém, é especialmente interessante, como apontado por Gombrich (2012). A arquitetura como projeto é uma forma não-verbal de comunicação e essencialmente visual, como estabelecem Akin (1986), Roth (2017) e Unwin (2013). As informações presentes em suas mensagens se relacionam a estudos gráficos teóricos, mas também dizem respeito a análises formais referentes à prática da elaboração de projetos.

Ainda que as representações gráficas da arquitetura tenham sido modificadas com o tempo e, mais recentemente, com inserções de tecnologias digitais nessa área, Dondis (2003) e Ching (2008) têm uma visão de que parte do vocabulário arquitetônico é atemporal. Tal observação se direciona especificamente ao fato de existirem elementos fundamentais no desenho e princípios de projeto. O contexto, no entanto, é responsável para que as formas em que estes aspectos se manifestam variem. De diagramas que combinam textos e formas geométricas simples a desenhos técnicos, de modelos 3D desenvolvidos em ambientes colaborativos à Realidade Virtual e Aumentada (RVA), a comunicação se materializa de diversas formas (Kalay, 2004).

Para garantir uma comunicação eficiente e eficaz no uso de todo tipo de método gráfico há um acordo, por vezes explícito e outras vezes tácito, entre os profissionais da área. São estabelecidos significados para os símbolos presentes em cada meio de expressão. Assim, diversas linguagens são criadas e todas as partes envolvidas conseguem compreender as informações quando há familiaridade e destreza na sua utilização. O diálogo projetual e suas nuances podem ser compreendidas ao serem estudados os meios de representação e os elementos gráficos relacionados.

2.3.1 Dinamicidade e linguagem

A necessidade de se comunicar por uma linguagem é intrínseca à natureza humana, que precisa estabelecer conexões e estruturar pensamentos. Ao descreverem a linguagem humana, Akmajian *et al.* (2017) apontam que esta pode ser compreendida por meio da conexão de unidades de diversos tipos. Ora, seja através de uma comunicação verbal, não-verbal ou mista, existem sistemas com regras e princípios de combinação e ordenação dessas unidades criados no intuito de transmitir mensagens.

Uma das linhas de pensamento adotadas por Cialone, Tenbrink e Spiers (2017) relaciona-se à visão de que a cultura de um povo é um dos fortes determinantes da maneira que seus integrantes pensam, o que se reflete na sua linguagem. Da mesma forma, acreditam que as

profissões também afetam estes aspectos, uma vez que cada uma possui seus códigos e objetivos de comunicação. Com isso, diversas áreas do conhecimento possuem estudos voltados para a interpretação e conceituação de características da linguagem que utilizam.

De forma geral, a língua é formada por um conjunto de signos cujo emprego deve obedecer às regras de organização que a própria língua oferece e são acatados e conhecidos, ao menos em sua maior parte, pelos membros da comunidade à qual pertence. Cada signo é um elemento representativo composto de significante e significado (Bechara, 2000; Cipro Neto; Infante, 1997). Nesse contexto, é possível construir analogias desse conteúdo e de sua mutação no tempo tendo como referência a arte e a arquitetura, como demonstrado por Wölfflin (2006) e Gombrich (2012).

Dondis (2003) e Ching (2008) estabelecem um paralelo entre um alfabeto e a existência de elementos fundamentais na arquitetura, e é natural também entender que outras conexões com aspectos gramaticais estejam presentes ao se trabalhar com a linguagem arquitetônica⁷. Nessa direção, há uma correlação entre dizer que existe comunicação através da criação de mensagens compostas por letras e palavras, e que também existe comunicação pela composição de princípios projetuais arquitetônicos e suas representações gráficas. Ressalta-se aqui que cada parte dessa linguagem tem uma natureza individual e um significado, e sua combinação também cria novas mensagens.

2.3.1.1 Significar

A arquitetura, como diz Hearn (2006), é um dos meios pelos quais a sociedade é formada. Essa formação depende de várias condições e, para tanto, a arquitetura possui várias linguagens que, ao serem usadas, são carregadas de significados. Entretanto, Hershberger (1970) defende que as formas, espaços, cores da arquitetura, dentre outros, não contém significado por si só. A elas são atribuídos significado a partir das experiências criadas por quem projeta e por quem interage com estes elementos.

A linguagem se manifesta através da utilização de processos e técnicas, os quais codificam e organizam as informações a serem incluídas em instrumentais gráficos de representação (Akin, 1986; Ching, 2010). Os arquitetos, ao utilizá-los, criam formas carregadas de significado e, para tanto, é necessário que sejam tomadas decisões sobre a maneira de aplicação das técnicas escolhidas e o tipo de formas que se deseja combinar para compor a

⁷ Em arquitetura, existe uma relação simbólica entre a comunicação gráfica e verbal, o que compõe uma linguagem arquitetônica (Ching, 2010). As palavras possuem uma descrição gráfica que carregam significados formais, com menor ou maior nível de detalhes, ou do mais ao menos abstrato.

mensagem. Cada representação, por estar associada a modalidades ou procedimentos diferentes gera diferentes dimensões de informação e estímulos ao designer, podendo até mesmo se relacionar a diferentes realidades (Akin, 1986; Tufte, 1990; Krawczyk, 2016).

Tudo isso é responsável por dar origem à mensagem e transmiti-la. Mas, além disso, a maneira como ela é recepcionada e interpretada por meio de desenhos, esquemas e diagramas também é de interesse do estudo dos significados. Afinal, as formas construídas (no papel ou fisicamente) são interpretadas enquanto lidas ou vivenciadas.

Para exemplificar, dentro do direcionamento desta pesquisa, destaca-se que existe uma linguagem utilizada no desenvolvimento de aplicações em RA, a qual depende do conhecimento de técnicas voltadas para essa criação. Para a etapa de programa arquitetônico com a utilização de RA, elaborou-se uma linguagem ainda mais específica, cujo foco foi representar um conteúdo específico dessa fase do processo de projeto. Cada unidade gráfica incluída no programa de computador onde foi desenvolvida a ferramenta RA tem uma carga de significado pois representa algum aspecto relativo aos parâmetros da arquitetura escolar. As combinações destes elementos básicos a partir de regras estabelecidas originaram diagramas de significado amplo que funcionam como a mensagem transmitida nesta etapa projetual. Essas formas finais são, por fim, interpretadas para auxiliar nas próximas fases do projeto.

É possível compreender estes aspectos a partir de uma abordagem da sintaxe e semântica arquitetônica. A sintaxe e a semântica são essenciais na elaboração das regras linguísticas. A primeira se preocupa com a justaposição adequada das partículas (unidades), ou as relações formais entre os constituintes de uma sentença. Por sua vez, a segunda se ocupa, justamente, dos significados, onde cada forma corresponde a um conteúdo significativo. E esse fator assume importância especial porque na linguagem tudo significa, tudo é repleto de semântica, como postula Bechara (2000).

O uso adequado das unidades textuais, ou estruturas básicas, garante coesão e coerência à mensagem e ele se aplica às linguagens arquitetônicas. Procurar entender também a lógica das regras de desenhos gráficos é importante, ou seja, que formas geométricas são utilizadas, como elas podem ser posicionadas, combinadas e relacionadas, como se determina o peso e importância de cada parte incluída na composição, entre outros aspectos. Da mesma maneira, é essencial estabelecer esta lógica quando ela ainda não estiver delimitada, como é o caso em usos de novas ferramentas ou novas aplicações destas. O aprofundamento do estudo destes aspectos permite aprofundar também o conhecimento sobre nuances da arquitetura e o domínio de técnicas representativas.

Percebe-se, a partir dessas colocações, que a construção de significado em arquitetura tem várias frentes, cada uma com sua simbologia e formas de expressão. Possuir conhecimento da existência de elementos fundamentais a serem utilizados para a representação das ideias, e saber como aplicá-los é o primeiro passo. Em seguida, está o fato de reconhecer que há técnicas gráficas distintas para cada contexto e necessidades. Essas transmitem informações diversas da mesma forma que diferentes técnicas construtivas, e também materiais, podem ser selecionadas.

As escolhas do arquiteto no desenvolvimento de um projeto precisam estar embasadas em todas essas frentes, e compreender a linguagem a ser aplicada é parte da própria atividade de arquitetura. Cada decisão sobre representação demanda conhecimento de seu significado e de sua função específica, além da destreza de aplicação para que não seja retirada de seu contexto nem perca seu sentido. Por isso, o modo como a informação é transmitida ganha destaque.

2.3.1.2 Transmitir

A transmissão de informações é inevitavelmente ligada ao ato de se comunicar (Littlejohn; Foss, 2011). Em uma breve retomada nos assuntos anteriores, foi visto que na arquitetura, as representações gráficas são utilizadas para transmitir mensagens (conceitos, informações, soluções etc.), ou seja, dão corpo ao próprio conteúdo. Contudo, essas ilustrações também são os próprios meios de transmissão (Kalay, 2004), associadas a ferramentas utilizadas para esse fim, as mídias como serão aqui tratadas.

Assim, como meio e mensagem, as formas gráficas possuem expressão, simbologia e regras, que variam de acordo com épocas e são associadas a propósitos distintos, como reiterado por Hewitt (1985). Richards e Schmidt (2014) expõem que, de fato, a comunicação ocorre em contextos socioculturais que demandam uso apropriado de uma linguagem e noção básica de como essa mensagem será interpretada. Dentro de cada contexto, então, as necessidades de comunicação variam e, por este motivo, é possível estabelecer divisões temporais nas formas de expressão. Por isso, nessa pesquisa, busca-se compreender o impacto na mudança de tipo de representação, seus elementos e regras, na eficácia da transmissão de uma informação.

O repertório comunicativo e a transmissão da mensagem utilizando determinada simbologia se associam ao processo cognitivo humano. A fala, a escrita ou o desenho são exemplos de processos cognitivos distintos. Desse modo, a compreensão da informação passa pela captação da linguagem, na forma em que foi representada, que se torna inteligível a partir

do conhecimento daquela linguagem pelo receptor da mensagem, mas cuja interpretação depende também do contexto em que se encontra. Deve ter sido estabelecido, nessas circunstâncias, um acordo sobre o significado dos símbolos. Em suma, o meio garante a conexão entre o remetente e o destinatário, mas também molda a natureza da informação e o nível de abstração necessário.

Em uma perspectiva de comunicação visual, e especificamente voltada à arquitetura, as interações humanas existentes dependem dos agentes envolvidos, o que varia entre cada projeto e dentro de cada fase do processo. Os diálogos nessa interação derivam de métodos e meios gráficos que permitam a exposição e armazenamento das ideias expostas. O resultado é julgado pela eficácia da resposta oferecida ao problema inicialmente apresentado também através da utilização de uma linguagem.

Um fator importante para a transmissão de mensagens arquitetônicas é sua acessibilidade. Ou seja, sabendo que ela está associada a recursos técnicos de representação, é essencial que os envolvidos tenham acesso tanto à simbologia, quanto à própria ferramenta utilizada. Nesse contexto, ainda que elementos gráficos individuais possam variar, é preciso ter o domínio deles e dos instrumentos, das técnicas e estratégias envolvidas (Richards; Schmidt, 2014).

Chan (2011) indica, por exemplo, que com o papel de efetivar a transmissão das mensagens existem cinco categorias de mídia comumente utilizadas. A primeira, e mais antiga dessa lista, é a dupla papel e lápis que geram desenhos abstratos, esboços, ou até mesmo desenhos técnicos. A segunda, muito utilizada durante o período do Renascimento, é a maquete física, criada para a estudo e apresentação de objetos. Em terceiro lugar se encontram os softwares gráficos e de modelagem 3D, utilizados desde a criação do computador no início para meados do século XX. O quarto nome são as câmeras, quando estas ficaram disponíveis para aplicações que auxiliaram a criação de animações para mostrar ideias de projeto, ou para mostrar produtos e processos. Por fim, a quinta mídia da lista é a Realidade Virtual, com abertura para ser inserida no mesmo nível a RA, ambas apresentadas no Capítulo 1. Essas últimas surgiram como mídias avançadas com propósitos de visualização, simulação e recreação.

Neste trabalho, a intenção é compreender estas mídias, em especial a RA em termos da sua linguagem visual. Para tanto, uma abordagem geral sobre representação e seus elementos básicos é apresentada. A justificativa para tal enfoque é a de que estes elementos são o cerne de todas as possíveis combinações que estão presentes em diversas expressões gráficas.

2.3.2 Expressão visual

Para todas as formas de expressão consideradas, existem maneiras de organização dos elementos que as compõem. Em quaisquer linguagens, sistemas são desenvolvidos a partir de um conjunto de unidades, cada qual possuindo determinado fim, como aponta Bechara (2000). Assim, cada linguagem, seja ela textual ou visual possui um vocabulário e uma estrutura básica de composição que originam as diversas formas de representação.

A representação, como um veículo de comunicação, faz uso de uma linguagem e ferramentas específicas (Laseau, 2001; Mitchell, 2008). Gombrich (2012) analisa em profundidade o poder da imagem e indica que para uma expressão visual há associação de contexto, significado e transmissão. Cada contexto pressupõem um conjunto de regras pré-definidas, técnicas, materiais, objetivos e até mesmo crenças que culminam em modos de representações diversos. Isso determina que cada tipo de estratégia gráfica contém especificidades e, por isso, transmite conteúdos diferentes que variam em sua abordagem.

A existência de um contexto para delimitação da linguagem visual utilizada também diz respeito ao momento temporal em que é utilizada. Ou seja, o modo de enxergar um conteúdo varia gradualmente, bem como os avanços técnicos e o desenvolvimento de recursos (Wölfflin, 2006). Com o tempo, esses diferentes ângulos se sobrepõem, criando diferentes abordagens representativas e resultados específicos. Essa variabilidade impacta diretamente na mensagem apresentada, uma vez que a representação, para Kalay (2004), é a incorporação da mensagem.

Ao longo da história da arte é possível observar que o conteúdo gerado em uma época, e a forma como a mensagem foi comunicada, pode ser aproximado pela percepção da existência de padrões. Estes se originam de um compartilhamento de visões presentes mesmo entre artistas com pensamentos heterogêneos (Wölfflin, 2006). Como exemplo, posteriormente aos desenhos lineares egípcios, dominou-se técnicas de representação para alcançar o realismo no renascimento dos séculos XV e XVI. Futuramente, maiores níveis de abstração deram origem às representações impressionistas e expressionistas do século XIX e, mais à frente, houve uma ruptura artística que originou a arte moderna do século XX.

Em arquitetura, o processo de representação e as técnicas utilizadas também foram sendo modificadas historicamente. Como na pintura, alguns elementos básicos permanecem, ainda que sobrepostos com o passar das épocas. De modo particular, entretanto, a existência de um processo de projeto estruturado e mais sistematizado hoje é fruto de condicionantes do século XV. Naquele período passou a existir uma necessidade mais intensa de se planejar e comunicar projetos por meio de desenhos. Os hoje tradicionais desenhos técnicos de fachadas,

cortes e plantas, somados à separação do processo de projeto por fases, não foram pré-requisitos de todas as gerações. Por sua vez, desde meados e fim do século XX, alcançando o atual século XXI, já existem novas demandas de projeto e, por consequência, de representação.

2.3.2.1 Características da representação

A partir da leitura de diversos autores, como os apontados ao longo deste capítulo, percebe-se que, tanto em arquitetura como na arte, imagens e gráficos foram usados por sua capacidade de resumir o mundo por meio de signos. Montaner (2017) faz essa análise denominando as formas de expressão visual de diagramas. Destaca-se, nessa pesquisa, a principal característica desta ferramenta gráfica, a de representar e criar uma realidade essencialmente visual.

Com raízes no contexto da geometria, como destacado por Montaner (2017), o crescimento no uso de esquemas gráficos para a arquitetura ocorreu a partir dos séculos XV e XVI, o que exigiu o desenvolvimento de convenções para expressar experiências difíceis de conceituar textualmente. O desenho se tornou, como ainda é, um método de projeto, e sua composição de linhas contém informações. A representação gráfica é, com isso, mais do que algo mecânico. Seu caráter extrapola a simples ação de desenhar e se torna algo cognitivo, que depende de interpretação e compreensão das ideias. Ao mesmo tempo, toda representação é uma escolha dentro de critérios e parâmetros (Botasso; Vizioli, 2018; Mitchell, 2008).

Percebe-se que algumas formas de linguagem são aprendidas naturalmente ao longo do desenvolvimento humano, como é o caso da comunicação oral. Outras linguagens, porém, quando dependentes de conhecimentos técnicos específicos dependem de estudos e escolhas ativas carregadas de intencionalidade frente à solução de determinado problema. Nesse caso, o conhecimento das ferramentas de comunicação visual é apreendido conforme são aprofundadas as relações com essa área de estudo e a aprendizagem e o domínio destes meios dependem de extensivo treinamento, o qual leva a destreza de manuseio e alto nível de conhecimento no tipo de informações inseridas (Kalay, 2004; Tomasello, 2014).

Em um breve olhar ao passado, no período renascentista arquitetônico, estrutura e expressão eram pensadas de forma integrada como um todo, e as ordens, arcos e abóbadas dominavam e controlavam a composição (Summerson, 2009). Esses princípios e regras serviam não apenas de guias para construção e aplicação prática, mas também como orientação teórica representativa. O conhecimento sobre o projeto, o processo de elaboração de desenhos, a linguagem utilizada e detalhes sobre aplicações, ou formas de representação, eram todos estes

traduzidos em palavras e pictoricamente. De um modo ou de outro, nota-se uma gramática que se voltava para a valorização da imagem ideal arquitetônica.

Do clássico renascentista ao moderno, e até mesmo antes e depois deles, a linguagem da arquitetura foi modificada. Os efeitos dos anos de guerra e o novo modo de se relacionar com o mundo, por exemplo, trouxeram ao mundo de meados do século XX uma carga tecnológica e industrializada, juntamente com preocupações sobre planejamento em larga escala e produção em massa. Naquele contexto, novas práticas e representações arquitetônicas surgiram, mesmo que as bases de conhecimentos anteriores ainda estivessem presentes. Como exemplo, traçados regulares e proporções harmoniosas foram trabalhados buscando-se maior pureza nas geometrias, a ausência de ornamentos (que eram até mesmo considerados degradantes), deixando que linguagens industriais falassem (Frampton, 2008; Summerson, 2009).

O que representar, como representar, por qual meio ou mídia, em que escala, quais destaques fazer, entre outros, são todos aspectos que exigem reflexão. Por este motivo, como apresentado anteriormente, linguagens foram desenvolvidas para que fosse possível criar diagramas representativos de fluxos, fenômenos e relações em um projeto e com base em experiências reais (Montaner, 2017). Nesse ponto se torna essencial um aprofundamento sobre quais são os elementos básicos dessa linguagem e como eles se organizam para transmitir a mensagem de modo a não causar, ou reduzir ao máximo, ambiguidades ou defeitos na compreensão do que está sendo representado.

As novas mídias utilizadas para representações digitais nessa área abriram portas para novas características de expressão visual. Em ambientes virtuais, sejam eles imersivos ou não, a dimensão da percepção é modificada e, com ela os tipos de interação (Chan, 2011). Ainda assim, não devem ser negligenciados meios que antecederam os AV e suas contribuições gráficas.

2.3.2.2 Criar e combinar

Hewitt (1985) destaca outra forma de classificar os desenhos arquitetônicos, com enfoque em três aspectos, o meio utilizado (neste trabalho chamado também de mídia), o propósito para qual foi desenvolvido e o modo como representam um assunto específico. Antes disso, porém é importante que sejam conhecidos elementos primários de representação. Estes são elementos individuais que caracterizam o desenho e são aplicados de modos distintos, formando a base para cada meio representativo de acordo com seu propósito.

Lawson (2006) menciona elementos como espaço, forma, linha, cor e textura, como estando invariavelmente presentes em representações. Sistemas de classificação de elementos visuais foram feitos por diversos autores dessa área, sendo alguns deles Montenegro (2001), Dondis (2003), Ching (2008), Ching (2010), Ching (2011). Para cada caso há uma abordagem que pode ser mais técnica ou mais artística. Os conteúdos tratados, por sua vez, incluem os elementos básicos, ou primários, mas também detalham instrumentos e etapas de desenho, símbolos gráficos, organização e relação espacial, proporção, sistemas arquitetônicos, técnicas visuais, entre outros assuntos. A **Figura 11** apresenta um resumo desta classificação em termos dos elementos principais e utilizando dois autores: Dondis (2003) e Ching (2008) por possuírem, em suas respectivas obras, características similares de organização.

Nesta figura, é possível notar que Dondis (2003) e Ching (2008) nomeiam as classes de elementos principais de formas ligeiramente distintas. O primeiro classifica-os como elementos básicos e inclui nessa lista o ponto, a linha, a forma, a direção, o tom, a cor, a dimensão, a textura, o movimento e a escala (numerados na **Figura 11** como 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 13 e 14, respectivamente). De outro modo, Ching (2008), mais restrito no que considera elementos primários, indica ponto, reta, formato e volume (cujos números são 1, 2, 4 e 5). Os demais elementos que compõe seu vocabulário estão ligados a modificações feitas dentro de um formato determinado e são: plano, cor, tamanho, textura, posição, orientação e inércia (3, 8, 9, 10, 11, 12 e 13).

Figura 11 – Elementos visuais principais para representação, de acordo com Dondis (2003) e Ching (2008)

ELEMENTOS BÁSICOS OU PRIMÁRIOS	1	2	3	4	5	6	7
	PONTO	LINHA RETA	PLANO	FORMA FORMATO	VOLUME	DIREÇÃO	TOM
Dondis (2003)	●	●		●		●	●
Ching (2008)	●	●		●	●		
REPRESENTAÇÃO							
DESCRIÇÃO	Unidade de comunicação visual mais simples; Gerador da forma; Posição no espaço	Cadeia de pontos; Ponto transladado; Comp., direção e posição	Reta transladada; Comp. e larg., formato, superfície, orientação, posição	Articulação da linha; Contorno da superfície;	Plano transladado; Comp., larg. e prof., forma e espaço, superfície, orientação, posição	Vertical e Horizontal; Diagonal; Curva	Intensidade de obscuridade e claridade
ELEMENTOS BÁSICOS OU PRIMÁRIOS	8	9	10	11	12	13	14
	COR	DIMENSÃO TAMANHO	TEXTURA	POSIÇÃO	ORIENTAÇÃO	MOVIMENTO INÉRCIA	ESCALA
Dondis (2003)	●	●	●			●	●
Ching (2008)							
REPRESENTAÇÃO							
DESCRIÇÃO	Matiz ou croma; Saturação; Brilho; Fenômeno da luz e percepção	Dimensão real e dimensão representada - perspectiva; Dimensões físicas	Refere-se ao tato na representação; Variações na superfície; Impacta na reflexão da luz	Situação de uma forma relativa ao seu ambiente ou campo visual	Direção de uma forma relativa ao plano do solo, pontos cardeais ou observador	Ilusão na representação; Relativo a estabilidade - ou não - de uma forma	Dimensão quando relativa a outros elementos

Fonte: A autora (2023)

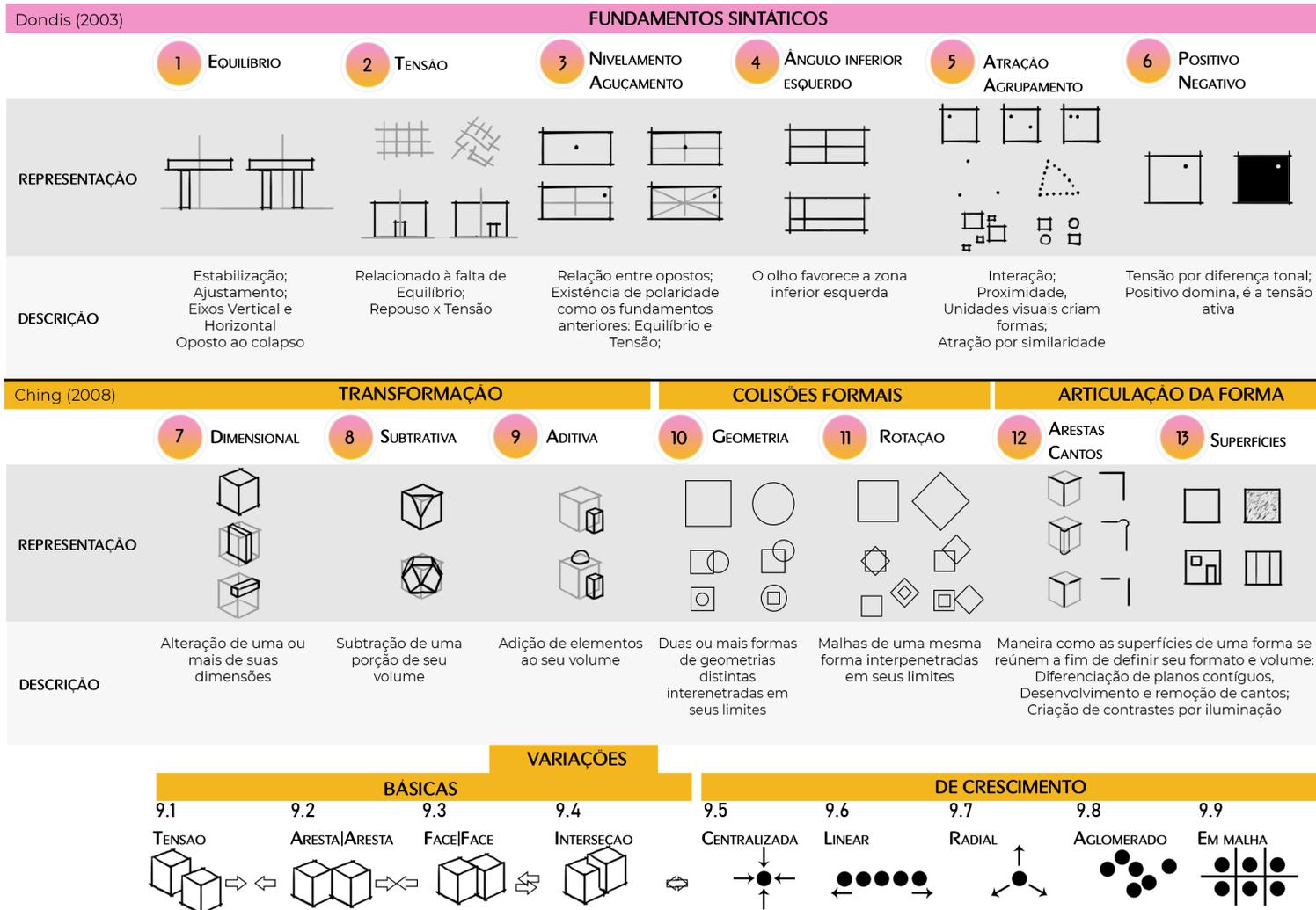
Além da sistematização destes elementos, é essencial também que sejam apontadas suas formas de combinação. Como destaca Fantinato (2018), assim que são reconhecidos signos e códigos, a junção entre eles deve ser analisada. Na **Figura 12**, os elementos de Dondis (2003) e de Ching (2008) são divididos de uma forma diferente da anterior. O primeiro nomeia seus elementos de fundamentos sintáticos e o segundo separa as formas de combinação em três classes: transformação (com variações), colisões formais e articulação da forma. Destaca-se, ainda, que Dondis (2003) discute a linguagem visual de modo geral, o que remete de modo especial à pintura. A maior parte dos seus conceitos, porém, aplica-se naturalmente ao projeto arquitetônico e, por isso, foram ilustrados nesta pesquisa.

Para Dondis (2003), os fundamentos sintáticos guiam a construção de representações visuais. Estes são equilíbrio, tensão, nivelamento/aguçamento, ângulo inferior esquerdo, atração/agrupamento, positivo/negativo, organizados na **Figura 12** nos números de 1 a 6. Por sua vez, os parâmetros de Ching (2008) são mais voltados para a arquitetura e, por isso, seus conceitos são mais facilmente relacionáveis aos aspectos físicos. Para ele, é possível lançar mão da transformação (dimensional, subtrativa ou aditiva), de colisões formais (por geometria ou rotação) e da articulação da forma (pelas arestas e cantos ou superfícies). A transformação aditiva se subdivide em variações básicas (tensão, aresta/aresta, face/face e interseção) e de crescimento (centralizada, linear, radial, aglomerado e em malha).

Defrontar-se com estes aspectos torna possível refletir novamente sobre a construção de significados da arquitetura. Enquanto elementos gráficos podem ser desconstruídos e lidos individualmente, é a sua combinação que garante a transmissão da informação contextualizada. A natureza da mensagem pode ser abstrata (o que foi imaginado e sob que condições) ou concreta (o que foi construído e como), subjetiva (relativo a quem participou do processo) ou objetiva (requisitos e critérios específicos), de conteúdo (conceitos, influências, referências) ou formal (geometria, a forma física), estrutural ou estética, técnica ou prática, entre outros. E é através da combinação de elementos básicos e criação de geometrias que essas características são comunicadas.

Para criar os desenhos e diagramas arquitetônicos esses elementos são combinados de diferentes formas. Auxiliam, por fim, na proposição do edifício, sua implantação, ou na representação de ideias, ainda conceituais e não formais, como é o caso do programa arquitetônico, foco desta pesquisa. Logo, expor estas variáveis e aprofundar-se na compreensão das possibilidades de sua manifestação em representação gráfica é importante.

Figura 12 – Formas de combinação para representação, de acordo com Dondis (2003) e Ching (2008)



Fonte: A autora (2023)

3 OBJETIVOS DA SOLUÇÃO

A aplicação, ou aplicativo desenvolvido nessa pesquisa, foi desenvolvida para 1) associação direta entre o conceito de parâmetros de projeto da arquitetura escolar e sua aplicação (representação) em uma tarefa de programação arquitetônica e 2) subsequente auxílio de arquitetos e arquitetas na internalização de tal conceito ao trabalharem na tarefa. O cenário descrito no Capítulo 2 oferece a base para melhor entender o contexto daquilo que o artefato se dedica. A aplicação vem a materializar não apenas a união da tríade projeto e programa, tecnologia e RA, comunicação e representação gráfica; ela concretiza um método de expansão de análises gráficas utilizada em etapas iniciais do processo de projeto em arquitetura, com a inclusão de objetos tridimensionais que adicionam camadas de informação não existentes em métodos tradicionais. O artefato se torna, assim, uma proposição metodológica digital para abordagem e manipulação de conteúdo em etapa específica do processo de projeto.

Enquanto métodos de projeto podem ser vistos como guias, ou como ferramentas que instigam projetistas a ultrapassar suas intuições e memória, sua criação é algo muito mais complexo. Essa tarefa depende de reflexão relativa ao caminho e fluidez desejável ao método considerando seu sistema de *input-mecanismo-output*. Ao mesmo tempo, saber que o arquiteto usará o método (no caso, a aplicação) em situações diversas, adaptando-o conforme seu contexto e necessidades, é importante para garantir que este tenha regras compreensíveis o suficiente, ao mesmo tempo que seja flexível para acolher tais abordagens.

A construção e funcionalidades do aplicativo busca, pois, estimular a integração de conceitos do programa arquitetônico explorando sua inserção em RA. A escolha de um conceito em específico, de parâmetros de projeto da arquitetura escolar, se justifica por tratar de uma importante temática para pensar edifícios de escolas. Por sua vez, a escolha de apenas um conceito também vai de encontro com o objetivo do uso da *Design Science Research* como método. A DSR, afinal, não tem a pretensão de descobrir leis universais, mas definir e aplicar conhecimentos específicos, generalizando resultados para uma classe também específica de problemas.

A definição de uso da RA para a aplicação desenvolvida se insere em um contexto exploratório das potencialidades de utilização de ferramentas dessa natureza. Tal tecnologia conecta o físico ao virtual ao superpor elementos digitais em um contexto real. Essa sobreposição pode ser percebida direta ou indiretamente, diferenciação considerada nesta pesquisa para compreender e propor o uso de RA. Ao sobrepor elementos contextuais ao real considera-se uma conexão direta, como uma análise de alterações estruturais em um espaço, ou

a disposição de itens móveis em um ambiente específico; ao sobrepor elementos não contextuais considera-se uma conexão indireta, com foco maior na maquete digital criada e menor na sua relação com o contexto, o que seria o caso de um jogo que se visualiza sem perder contato com o real, mas que não interage com esse, ou de hologramas de quaisquer naturezas que se apoiam em um elemento plano real, ainda através de marcadores, mas que pode ser alterado sem perda de informações.

O aplicativo aqui desenvolvido propõe a RA com foco maior em explorar a legibilidade de e interação com informações virtuais 3D alocadas em um espaço físico, o que significa utilizar, nesse momento, uma conexão indireta. Legibilidade e interação são positivamente impactadas no uso de RA quando comparadas a outros métodos visuais de trabalho com informações, seja 2D ou 3D, mas que não se conectam ao mundo real, como especificam Blahut e Harnoncourt-Fuchs (2023). Nessa perspectiva, há conexão com o real por meio de marcador plano físico, o qual pode ser manuseado em diferentes posições e ângulos para visualizar os itens projetados, criando uma atmosfera de realidade. Este marcador, se alterado, acarretaria, como descrito, uma alteração do plano de trabalho e não do conteúdo gerado.

Essa forma de uso da RA pretende explorar a utilização do aplicativo de forma aberta, considerando as múltiplas orientações para a tecnologia (Syed *et al.*, 2023). Desse modo, mantêm-se a possibilidade da atualização do aplicativo para incorporar a detecção de diferentes planos de trabalho (como terrenos em maquete física), ou a interação com outros elementos físicos reais. Seja como parte da análise do modelo 3D virtual gerado, seja para combinar métodos de estudo do programa de necessidades (uso do aplicativo associado a outros desenhos e anotações), a atual aplicação permite expansão. Ao dar espaço para tal expansão de uso da RA, também se considera possível englobar etapas que seguem aquela inicial proposta ou processos colaborativos.

4 DESENVOLVIMENTO PROJETUAL

Ao estabelecer como tópico fundamental os parâmetros de projeto para a arquitetura escolar, cuja descrição foi feita na seção “2.1.5.1 Parâmetros de projeto e diretrizes para arquitetura escolar”, a concepção do artefato passou pela sua definição e análise aprofundada do conteúdo a ser inserido na aplicação. Essa análise diz respeito às questões de representação gráfica, ou linguagem visual, onde estão contidos os significados de elementos representados, que passariam a compor diagramas tridimensionais⁸. Ademais, o desenvolvimento de um artefato em RA para uso em *tablets* (ou *smartphones* como opção), sempre demanda de estudos relacionados a Interação Humano-Computador (IHC), Programação Orientada a Objetos (POO), Experiência do Usuário (*User Experience* – UX) e Interface do Usuário (*User Interface* – UI).

Esse trabalho foi desenvolvido associado a um projeto de Iniciação Científica realizado pelo aluno Lucca Ferreira Paiva do curso de Engenharia da Computação, Universidade Estadual de Campinas. Com duração de dois anos, essa pesquisa foi realizada como Bolsa Pesquisa/SAE 2021/2022 (Processos nº 01.P.289/2021 e 01.P.109/2022) e Bolsa PIBIC/CNPq 2022/2023 (Processo nº 133265/2022-6) sob o título: Programação Orientada a Objetos para dinamizar a criação de diagramas em arquitetura e coorientada pela autora da Tese. Assim, a pesquisa aqui apresentada teve suas tarefas divididas na etapa de desenvolvimento projetual. As definições representativas, de requisitos gerais, funcionais e não-funcionais e de software foram realizadas pela autora. A execução da modelagem e visualização foi separada: programação em C# realizada essencialmente pelo aluno, mas sua lógica de funcionamento partiu dos requisitos definidos e foi discutida em conjunto. O design de interface (e seus estudos preliminares) foi realizado pela autora.

Aqui, parte-se do preceito de que tudo que é transmitido no campo da arquitetura é parte da representação. Mudam-se as condições de representação, os tipos de desenho, o modo em que ele é apresentado ou o meio utilizado, mas invariavelmente há a representação de algo. A forma como a presente aplicação foi desenvolvida, ou programada, incluindo o que (modo) e como se programa (meio), é dependente da definição dos elementos que nela serão inseridos e como se comportam, tanto quanto de quais ferramentas serão usadas. Enquanto é necessário primeiro discutir o pensamento por trás da criação dos elementos básicos tridimensionais (sua

⁸ Montaner (2017) considera diagramas, em arquitetura, como um elemento que ainda não se coloca como um fato arquitetônico, mas pré-arquitetônico, com forte aspiração pela abstração. Desse modo, os diagramas, sejam eles construídos em quaisquer ferramentas, partindo de quaisquer técnicas têm características ainda não formais. E essa expressão pode ser elaborada, como estudado e descrito ao longo desse trabalho, de modo bi ou tridimensional.

linguagem e codificação), é imprescindível depois compreender a maneira que esses fatores se concatenam com decisões técnicas tomadas, bem como de que maneira elas impactaram nas decisões de desenho ou seu resultado.

4.1 Definições sobre os elementos básicos

De modo extensivo, os 29 parâmetros, com suas características estabelecidas e descritas pelos autores que os criaram, foram estudados e representadas graficamente por meio de desenhos diagramáticos bidimensionais no trabalho de Souza (2018). Naquele momento, a intenção foi possibilitar uma leitura visual dos PPs, permitindo análises e associações mais diretas destes em ambientes escolares. Naturalmente, como são abstrações de conceitos para serem discutidos durante o programa arquitetônico, não são indicadas formas exatas, ou soluções físicas definidas, mas características ambientais e relações espaciais que devem estar presentes nos projetos. Nesse processo, Souza (2018) utilizou uma linguagem visual que auxiliasse na compreensão do significado e uso dos PPs. Tais representações podem ser vistas ao retomar a seção “2.1.5.1 Parâmetros de projeto e diretrizes para arquitetura escolar”, no **Quadro 2**.

Contudo, a presente pesquisa demanda um estudo específico dos diagramas dos parâmetros de projeto, ou seja, da representação gráfica desse conteúdo, de modo a padronizar visualmente os tipos de elementos existentes. Até então, os diagramas continham muitas variações em seu desenho, o que dificulta sua transposição para meios que depende da inserção de dados objetivos e que possam ser manuseados dentro de um conjunto de regras. Por isso, sistematizou-se a variedade de itens e sua forma de representação para que fosse possível desenvolver uma linguagem gráfica unificada.

Por este motivo, nessa pesquisa, estudou-se mais detalhes da linguagem visual para compreender elementos de representação gráfica, o que pode ser observado na seção “2.3.2 Expressão visual”, **Figura 11** e **Figura 12**. Em decorrência disso, analisou-se os pormenores dos diagramas dos PPs, decompondo-os em componentes individuais (que foram chamados de elementos básicos, os quais serão apresentados adiante), estabelecendo significados particulares e critérios de uso e combinação. Concluída a análise e reformulação dos diagramas bidimensionais, a linguagem tridimensional foi criada.

4.1.1 A linguagem do método

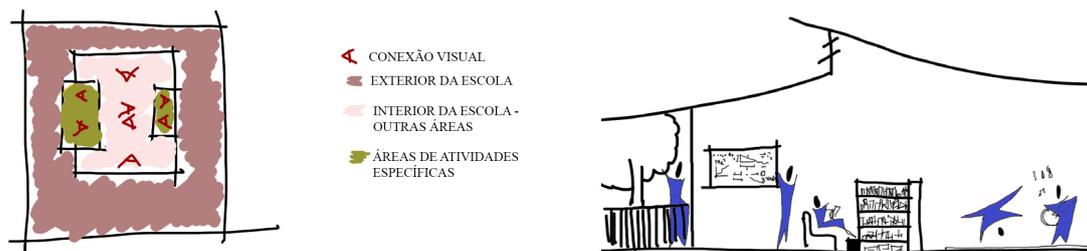
Na correlação entre teoria e prática no uso dos diagramas, sabe-se que existem linhas de desenvolvimento diagramáticos que dão ênfase a informações distintas. Nesse estudo,

já foi deixado claro que os diagramas de Souza (2018) possuíam mais uma intenção ilustrativa, com a interpretação, de forma diagramática abstrata e não formal, de conceitos teóricos. Uma atualização do seu modelo bidimensional pretende destacar a existência de um sistema gráfico de análise pensado para enfatizar a existência efetiva de uma linguagem. Sua tradução ou releitura tridimensional reavalia a experiência perceptiva sob a luz de evoluções tecnológicas. A terceira dimensão aqui proposta acrescenta não apenas uma informação dimensional, mas abre uma perspectiva e inclui camadas de informações sobre a construção do diagrama, a distribuição funcional e associações não destacadas anteriormente.

4.1.1.1 Os elementos bidimensionais e sua linguagem visual

Para essa pesquisa, o estudo da linguagem visual, inicialmente concentrado em diagramas bidimensionais, se mostra essencial pela necessidade de aquisição de embasamento teórico e prático a fim de aprofundar o estudo das representações gráficas tridimensionais posteriores. O primeiro passo nesse processo foi fazer o levantamento de todos os elementos básicos (EBs) utilizados para criar os diagramas originais dos PPs. Os EBs podiam ser identificados visualmente, em suas formas primitivas, através da legenda indicada em cada um dos diagramas. Contudo, é possível notar que nem todos os PPs possuíam o mesmo tipo de representação gráfica e, por consequência, os EBs não eram identificados com uma mesma linguagem gráfica (**Figura 13**).

Figura 13 – Parâmetros de projeto para a arquitetura escolar – PP10 (esquerda) e PP18 (direita)

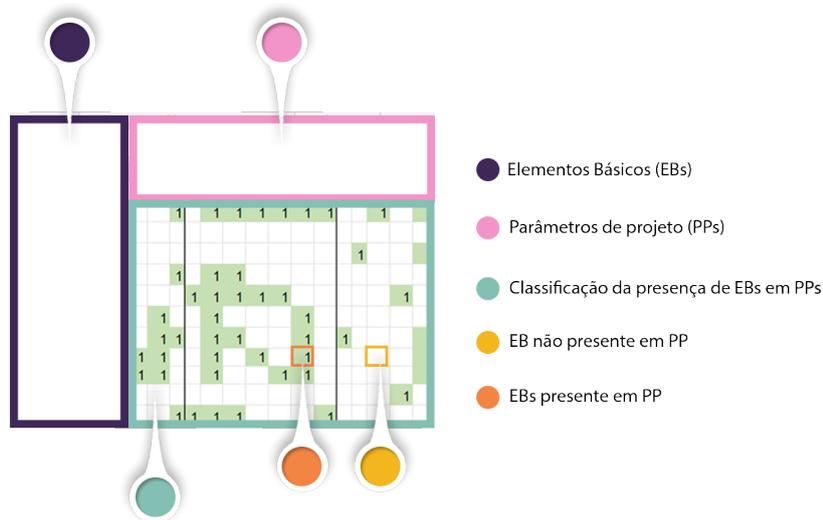


Fonte: A autora (2023)

A avaliação da lista completa de PPs, culminou primeiro em uma análise quantitativa de elementos básicos. Durante esse processo, criou-se uma planilha com todos os elementos básicos encontrados. Na **Figura 14** é possível ver um exemplo de preenchimento, sobreposto da identificação das partes, da tabela em Excel feita para essa análise. Nela está ilustrado a coluna da esquerda, em roxo, na qual cada linha corresponde aos elementos básicos existentes; a linha superior, em rosa, onde cada coluna indica um parâmetro, numerados de 1 a 29. Ao percorrer a lista de PPs, cada vez que um elemento básico era identificado em um

parâmetro, uma marcação verde na interseção linha-coluna foi feita (identificada ao ser escrito o número “1” na célula).

Figura 14 - Exemplo de preenchimento da tabela de análises de elementos básicos e PPs



Fonte: A autora (2023)

Nesse processo foram listados 47 elementos. Eles foram categorizados em três classes: (1) com alta recorrência (EBs presentes em cinco ou mais PPs); (2) com baixa recorrência (EBs presentes em menos de cinco PPs); (3) com distintos nomes, mas significados iguais ou próximos a outros já identificados. Os reconhecidos nas classes 2 e 3 foram reavaliados, tendo sido alguns excluídos e os demais combinados, de acordo com a similaridade do seu significado com outros EBs da lista. Os da classe 2 também foram revistos, mas com uma segunda intenção: observar se seu significado estava diretamente ligado às questões arquitetônicas e se, porventura, a falta de conexão era o motivo de sua baixa detecção. Os da classe 1 permaneceram integralmente na lista.

Após sua classificação e revisão, o número de elementos foi reduzido para 27. O resultado foi a maior precisão dos seus significados, impactando também em melhor direcionamento para a escolha dos elementos gráficos utilizados para representá-los, inicialmente, ainda de forma bidimensional. O **Quadro 3** aponta, à esquerda, a lista final dos elementos básicos e, à direita, aqueles que foram excluídos, desta forma apontando todos os EBs inicialmente presentes nas representações gráficas dos PPs.

Quadro 3 – Lista de elementos básicos dos parâmetros de projeto

Elementos básicos – lista final		Elementos básicos - excluídos	
I.	Acústica compatível	XXVIII.	Acesso
II.	Administração	XXIX.	Aluno
III.	Áreas casuais de alimentação	XXX.	Área com recursos de aprendizagem
IV.	Área para público	XXXI.	Área de atividade específica
V.	Áreas sociais	XXXII.	Área de discussão
VI.	Área sujas	XXXIII.	Área de estudo
VII.	Armazenamento	XXXIV.	Área para preparo de aulas e descanso
VIII.	Atividade em grupo	XXXV.	Área para reunião de professores
IX.	Atividade individual	XXXVI.	Atividade
X.	Banheiro	XXXVII.	Comunidade
XI.	Comunidade	XXXVIII.	Elementos simbólicos
XII.	Conexão física	XXXIX.	Entrada
XIII.	Conexão visual	XL.	Escola
XIV.	Exposição	XLI.	Expressão da pedagogia
XV.	Exterior da escola	XLII.	Interação Professor
XVI.	Flexibilidade	XLIII.	Interior sala
XVII.	Identidade	XLIV.	Movimentação livre
XVIII.	Interior da escola	XLV.	Professor
XIX.	Lugar de destaque	XLVI.	Sala dos professores
XX.	Mobiliário confortável	XLVII.	Valores
XXI.	Mobiliário flexível		
XXII.	Natureza		
XXIII.	Proteção e segurança		
XXIV.	Refeitório		
XXV.	Salas de atividades		
XXVI.	Superfícies de trabalho		
XXVII.	Zoneamento		

Para exemplificar o processo de identificação e exclusão, toma-se agora um exemplo de cada classe e acompanha-se sua leitura. Dentro da primeira classe, de EBs com alta recorrência, encontra-se o EB áreas sociais (item V do **Quadro 3**). Sua recorrência foi de 14 vezes e, como diz respeito a um contexto arquitetônico (espaço onde ocorrem encontros), foi mantido na lista. O EB aluno (XXIX), foi encontrado em quatro parâmetros, tendo, assim, baixa recorrência como indicado na segunda classe e sua exclusão se deu porque não dizia respeito a um conteúdo arquitetônico, estando puramente relacionado a usuários do espaço. Por fim, o último exemplo destaca o EB comunidade (item XXXVII), que além de ter baixa recorrência e não estar ligado à arquitetura, teve aplicação com mesma função do EB área para público, o que justificou sua exclusão.

Vale retomar, contudo, que os EBs excluídos não caracterizam sua desconsideração no desenvolvimento do programa e projeto arquitetônico; “aluno”, “área de estudo” ou

“movimentação livre”, como exemplo, devem sempre ser considerados como público-alvo, variabilidade de atividades ou disposição interna. Retirar estes e outros EBs inicialmente listados configurou uma ação voltada a especificar um conjunto de regras e de representações voltadas para propor um procedimento eficiente e objetivo, com conteúdo arquitetônico e envolvendo mais diversidade dentro de um único EB. Fazendo uso dos exemplos citados acima, os alunos estão sempre presentes ao se pensar em “salas de atividades” ou “atividade em grupo”, as áreas de estudo são inerentes também “salas de atividades” ou “superfícies de trabalho”, e a movimentação livre é indissociável de “conexões físicas” ou “flexibilidade”.

Antes de seguir com as definições gráficas sobre os EBs, houve um retorno aos PPs no intuito de agrupá-los de acordo com seus significados. A intenção foi compreender melhor a organização dos parâmetros e auxiliar na criação de um sistema para subdividir e representar de diferentes maneiras os elementos. Destaca-se que definir uma categorização, qualquer que seja, tem seus desafios pela variedade de possibilidades a depender da abordagem. Tornou-se necessário buscar o cerne conceitual daquilo que cada PP representa e decidir pela melhor abordagem, no contexto presente.

A decisão nesta pesquisa que levou à determinação de cinco categorias seguiu reflexões acerca de pesquisas realizadas na área de arquitetura escolar. Por análises curriculares, e utilizando também a pesquisa de Souza (2018), em continuidade aos estudos dos PPs, nota-se que existem atividades básicas propostas em ambientes escolares e modalidades de aprendizagem mais recorrentes. Dentre elas, aprendizado individual, tutoria entre alunos, trabalhos em grupo, aprendizado com o professor, entre outras. Estas estão relacionadas principalmente, ainda que não unicamente, à aprendizagem formal, e daí o nome da primeira categoria.

Em contraponto, modalidades como aprendizado pela arte, música, atuação, natureza, entre outros, são mais percebidos em ambientes de aprendizagem informal, sendo essa a segunda categoria de PPs criada. A categoria 3 está relacionada ao conceito de ambientes escolares ligados a dar suporte à diversidade de atividades realizadas na escola. A categoria 4 agrupa parâmetros responsáveis pelo pensamento projetual relacionado à conexão visual e física dos espaços. Por fim, a categoria 5 teve como primeiro nome o “impacto arquitetônico” e posteriormente foi alterado para “humanização”, o que se conecta em grande parte à discussão levantada por Kowaltowski (1980), e está ligado à escala, proximidade, natureza do entorno, estética e ornamentação.

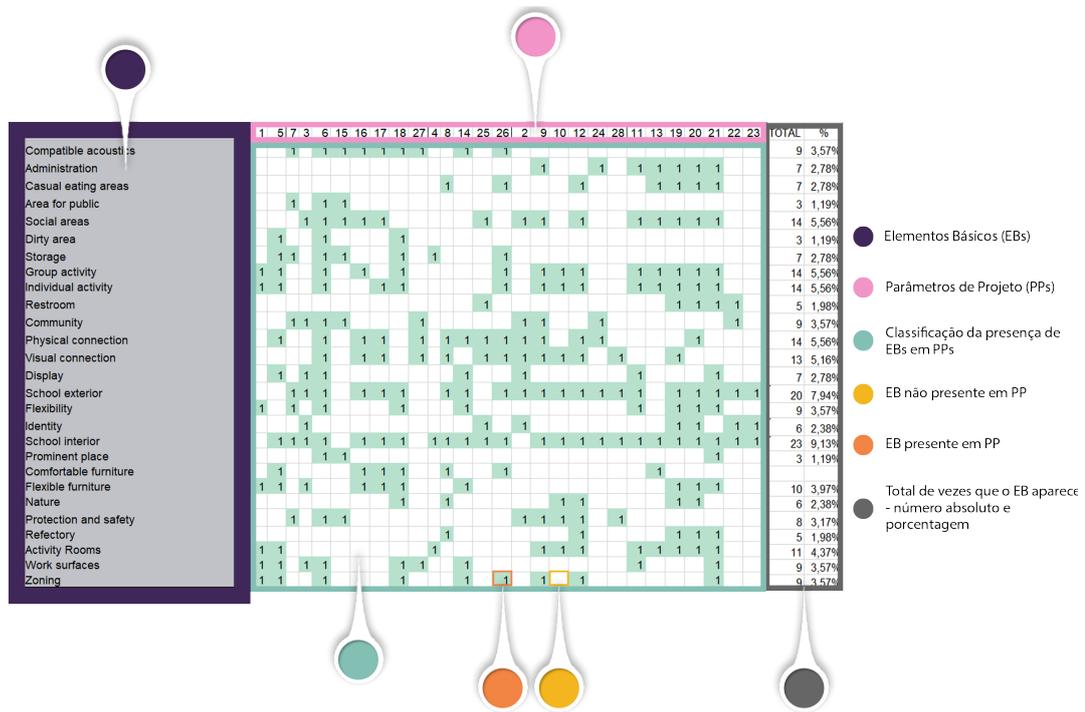
Em resumo, as categorias criadas seguem os temas: (1) Parâmetros de aprendizagem formal; (2) Parâmetros de aprendizagem informal; (3) Parâmetros de suporte; (4) Parâmetros de conexão; (5) Parâmetros de humanização. A **Figura 15** especifica estas categorias e quais parâmetros são inseridos em cada. Decidiu-se por retirar da lista o parâmetro 29, por este representar a síntese dos demais, o que, em essência, significa a junção de todos os PPs, bem como de todos os EBs. Depois, a **Figura 16** mostra o quadro final de análise dos elementos básicos apresentada anteriormente, que conecta a informação do agrupamento das categorias de PPs e a análise da presença de EBs como apresentada anteriormente.

Figura 15 – As cinco categorias dos PPs



Fonte: A autora (2023)

Figura 16 - Indicação da existência de elementos básicos por parâmetros de projeto



Fonte: A autora (2023)

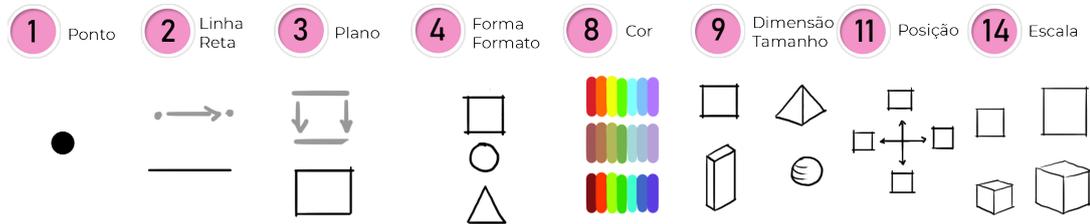
Todo o procedimento apresentado até aqui objetivou a profunda compreensão do conceito de parâmetros de projeto visando organizar o desenho dos elementos bidimensionais e sua combinação. Ao compor uma lista fixa de 27 EBs sabe-se que cada PP apresenta uma combinação distinta destes deles, formando 28 composições diferentes. Apenas assim as novas propostas foram elaboradas.

A princípio, as modificações se limitaram a padronizar legendas, adaptando a representação gráfica de cada elemento paulatinamente. Isso significou sistematizar formas, proporções, cores, traços e preenchimentos. Essa atividade permitiu aprimorar a identificação dos EBs, além de fazer com que os PPs sejam compostos, de fato, por uma mesma linguagem.

Regras de desenho foram estabelecidas e a **Figura 11** e **Figura 12** apresentadas na seção 2 “MOTIVAÇÃO” (2.3.2.2 Criar e combinar) foram utilizadas para as decisões de desenho. Para a redefinição dos EBs, as noções sobre elementos visuais de construção gráfica da **Figura 11** foram mais significativas; a **Figura 17** inclui aqueles que tiveram mais impacto: ponto, linha/reta, plano, forma/formato, cor, dimensão/tamanho. Os aspectos “posição” e “escala”, por serem aplicáveis apenas de modo comparativo, foram considerados para o desenho dos PPs e não dos EBs. Por outro lado, para a posterior construção dos PPs, considerações sobre as formas de combinação da **Figura 12** se tornaram fundamentais; a

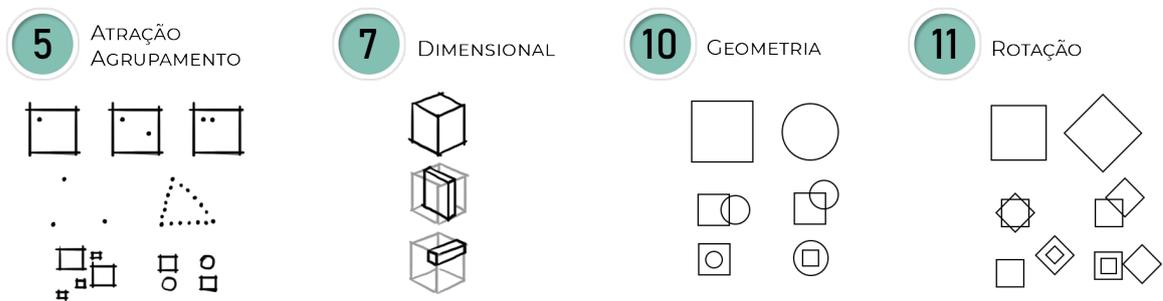
Figura 18 apresenta aquelas de maior importância nesse estudo (agrupamento, dimensional, geometria e rotação).

Figura 17 – Elementos visuais considerados nos EBs bidimensionais



Fonte: A autora (2023)

Figura 18 – Formas de combinação considerados nos EBs bidimensionais



Fonte: A autora (2023)

Após testes iniciais de tipos de representação a serem aplicadas nos EBs, um resultado mais consistente se pode ser visto na **Figura 19**. Ali, os elementos foram listados em ordem alfabética para simplificar sua leitura nesse formato. Nota-se a diferenciação visual entre aqueles elementos que identificam áreas em termos funcionais para a realização de atividades, enquanto outros indicam demais agrupamentos internos (delimitações de nichos de trabalho específicos), e ainda outros que apontam aspectos de conforto do espaço e cuidados pontuais para ambientação e conexão adequada entre áreas.

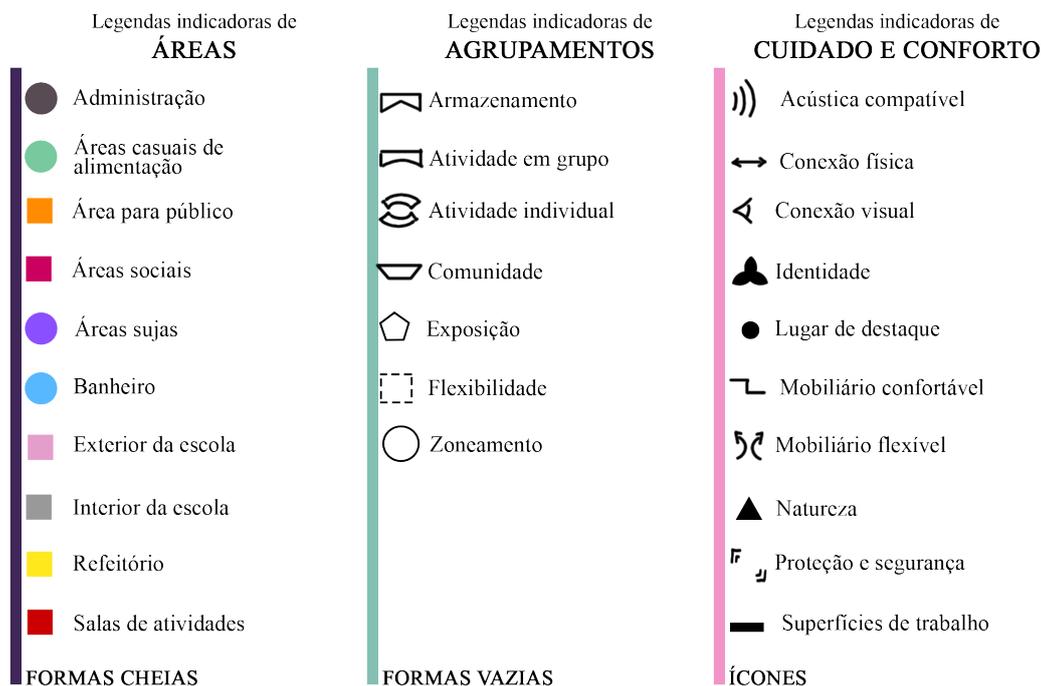
Figura 19 – Elementos básicos e sua representação gráfica

	Acústica Compatível		Atividade em grupo		Exterior da escola		Natureza
	Administração		Atividade individual		Flexibilidade		Proteção e segurança
	Áreas casuais de alimentação		Banheiro		Identidade		Refeitório
	Área para público		Comunidade		Interior da escola		Salas de atividades
	Áreas sociais		Conexão Física		Lugar de destaque		Superfície de trabalho
	Áreas sujas		Conexão Visual		Mobiliário confortável		Zoneamento
	Armazenamento		Exposição		Mobiliário flexível		

Fonte: A autora (2023)

Essa diferenciação visual não existe ao acaso. Da mesma forma que para os PPs, os EBs também foram subdivididos para facilitar e guiar sua representação gráfica. A intenção aqui também foi de antecipar a sistematização de requisitos que seriam incluídos na aplicação em RA. A saber, administração, áreas casuais de alimentação, área para público, são exemplos de elementos básicos que dizem respeito a ambientes onde são realizadas atividades e onde os demais elementos se encontram. Os EBs armazenamento, flexibilidade ou zoneamento, indicam foco em agrupar funções, em maior ou menos extensão. EBs como acústica compatível, lugar de destaque e proteção e segurança, dizem respeito a criação de relações. O primeiro grupo é representado por formas retangulares ou circulares preenchidas por cor, enquanto o segundo grupo é representado por formas vazias com variedade em sua geometria e o terceiro grupo utiliza apenas ícones, sejam eles lineares ou preenchidos. Ao ser observada a **Figura 20** fica explícita a variabilidade e categorização.

Figura 20 – Tipo de representação gráfica dos EBs por categoria



Fonte: A autora (2023)

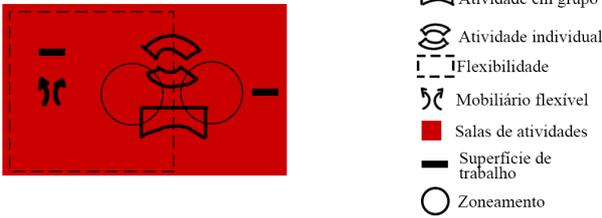
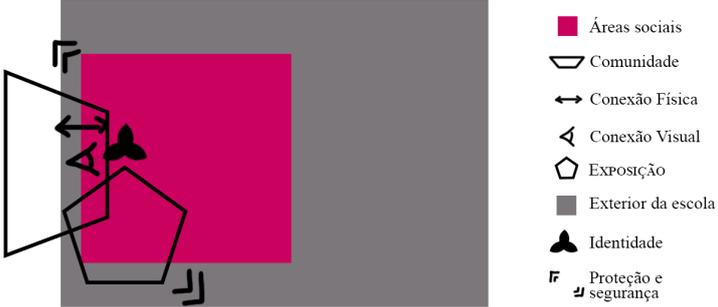
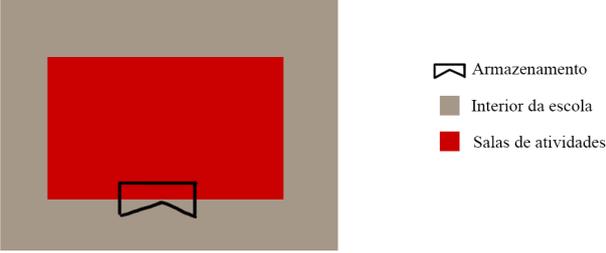
Por fim, a construção dos diagramas acontece pensando em um ciclo de ações e critérios de combinação dos EBs: (1) **ordem de inclusão**, inserindo os elementos de acordo com a ordem das categorias de EBs apresentada na **Figura 20** (1-2-3), onde cada um possui um significado e uma forma; (2) **posição**, propondo uma distribuição dos elementos guiada por um pensamento projetivo que se conecta a um contexto de zoneamento; (3) **escala**, refletindo sobre as dimensões dos elementos, sabendo que quanto maior o desenho, maior sua importância ou seu impacto no diagrama, o que diz respeito à hierarquia; (4) **rotação**, na tentativa de mantê-los sempre em um mesmo ângulo, mas, quando necessário, fazendo uma rotação de 90°, (5) **atração e agrupamento**, sabendo que quanto mais próximos, mais relacionados estão os EBs representados; (6) **geometria e dimensões**, nesse caso identificando que alguns EBs são inscritos em outros, ou se conectam por interseção, funcionando como um segundo indicativo de proximidade ou nível de conexão;

O estabelecimento destas regras objetiva auxiliar o processo construtivo e a leitura dos diagramas. Ao partir de uma análise individual, as regras, explicadas, pretendem ser compreendidas de modo amplo. Sabendo como cada elemento pode ser posicionado e conectado, o desenho do diagrama se torna mais rápido, assim como sua leitura e reconhecimento. As representações do **Quadro 4** a seguir, se tratam, porém, de exemplos. Cada

situação de aplicação terá composições diferentes referentes a cada PP; as regras garantirão uma construção efetiva e comunicação de significados eficaz.

A conclusão do processo de reelaboração dos diagramas 2D, em um processo de análise e síntese que envolveu a criação de EBs de composição dos PPs, incluiu estratégias gráficas de desenho e combinação: formas, dimensões, hierarquias e prioridades, por exemplo. Essa mesma linguagem básica será vista nos diagramas tridimensionais. Afinal, o foco do processo de criação 3D de diagramas continua sendo o mesmo dos diagramas bidimensionais: estudo e compreensão das operações combinatórias, seus signos e aspectos relacionados para expressar conceitos e não soluções espaciais – o que consistiu em um desafio.

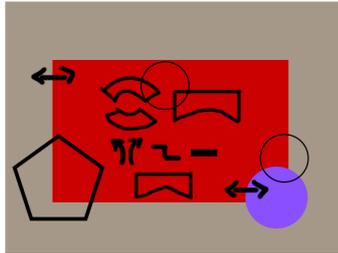
Quadro 4– Parâmetros de projeto - redesenho

PPs	REPRESENTAÇÃO	
1 – Salas de aula, amb. de ensino e comunidades peq. de		<ul style="list-style-type: none">  Atividade em grupo  Atividade individual  Flexibilidade  Mobiliário flexível  Salas de atividades  Superfície de trabalho  Zoneamento
2 – Entrada convidativa		<ul style="list-style-type: none">  Áreas sociais  Comunidade  Conexão Física  Conexão Visual  Exposição  Exterior da escola  Identidade  Proteção e segurança
3 – Espaços de exposição dos trabalhos dos alunos		<ul style="list-style-type: none">  Áreas sociais  Comunidade  Exposição  Exterior da escola  Identidade  Interior da escola  Mobiliário flexível  Superfície de trabalho
4 – Espaço individual para armazenamento de materiais		<ul style="list-style-type: none">  Armazenamento  Interior da escola  Salas de atividades

Quadro 4 - Parâmetros de projeto – redesenho – continuação
REPRESENTAÇÃO

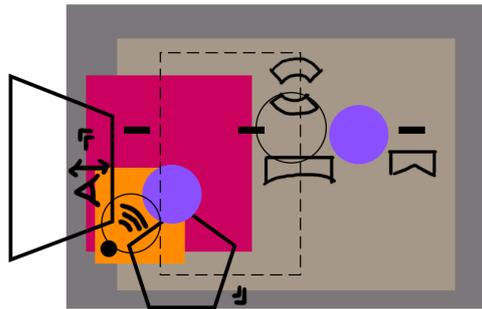
PPs

5 – Laboratório de ciências e artes



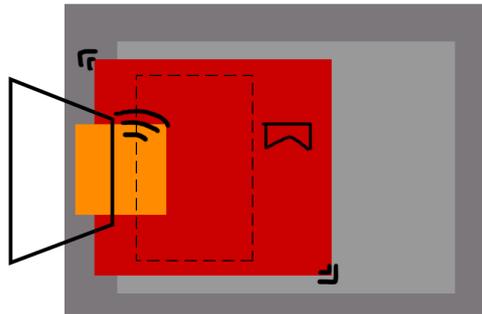
- Áreas sujas
- Armazenamento
- Atividade em grupo
- Atividade individual
- Conexão Física
- Exposição
- Interior da escola
- Mobiliário confortável
- Mobiliário flexível
- Salas de atividades
- Superfície de trabalho
- Zonamento

6 – Arte, música e atuação



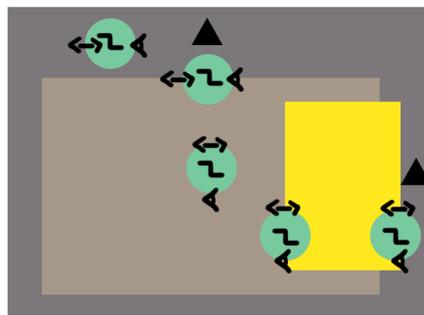
- Acústica Compatível
- Área para público
- Áreas sociais
- Áreas sujas
- Armazenamento
- Atividade em grupo
- Atividade individual
- Comunidade
- Conexão Física
- Conexão Visual
- Exposição
- Exterior da escola
- Flexibilidade
- Interior da escola
- Lugar de destaque
- Proteção e segurança
- Superfície de trabalho
- Zonamento

7 – Área de educação física



- Acústica Compatível
- Área para público
- Armazenamento
- Comunidade
- Exterior da escola
- Flexibilidade
- Interior da escola
- Proteção e segurança
- Salas de atividades

8 – Áreas casuais de alimentação

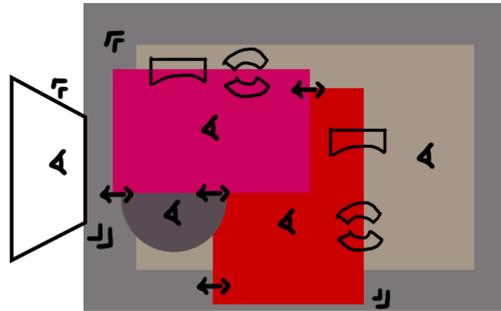


- Áreas casuais de alimentação
- Conexão Física
- Conexão Visual
- Exterior da escola
- Interior da escola
- Mobiliário confortável
- Natureza
- Cantina

Quadro 4 - Parâmetros de projeto – redesenho – continuação
REPRESENTAÇÃO

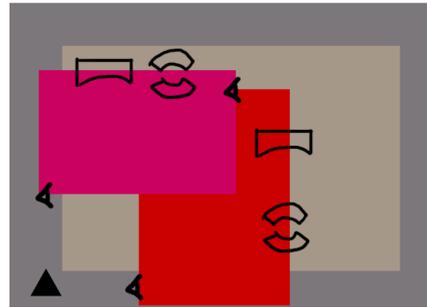
PPs

9 – Transparência



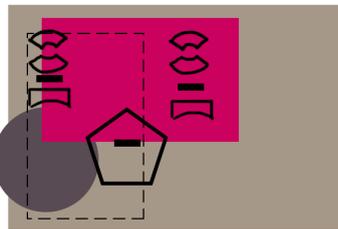
- Administração
- Áreas sociais
- ⌋ Atividade em grupo
- ⊖ ATIVIDADE INDIVIDUAL
- ⌋ Comunidade
- ↔ Conexão Física
- △ Conexão Visual
- Exterior da escola
- Interior da escola
- ⌋ Proteção e segurança
- Salas de atividades

10 – Vistas interiores e exteriores



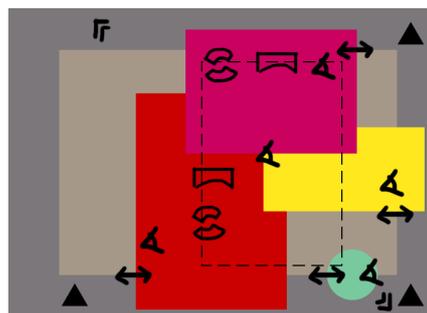
- Áreas sociais
- ⌋ Atividade em grupo
- ⊖ Atividade individual
- △ Conexão Visual
- Exterior da escola
- Interior da escola
- ▲ Natureza
- ⌋ Proteção e segurança
- Salas de atividades

11 – Tecnologia distribuída



- Administração
- Áreas sociais
- ⌋ Atividade em grupo
- ⊖ Atividade individual
- ⬡ Exposição
- - - Flexibilidade
- Interior da escola
- ▬ Superfície de trabalho

12 – Conexão entre espaços externos e internos

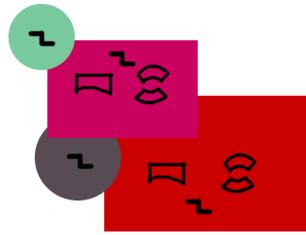


- Áreas casuais de alimentação
- Áreas sociais
- ⌋ Atividade em grupo
- ⊖ Atividade individual
- ↔ Conexão Física
- △ Conexão Visual
- Exterior da escola
- - - Flexibilidade
- Interior da escola
- ▲ Natureza
- ⌋ Proteção e segurança
- Refeitório
- Salas de atividades

Quadro 4 - Parâmetros de projeto – redesenho – continuação
REPRESENTAÇÃO

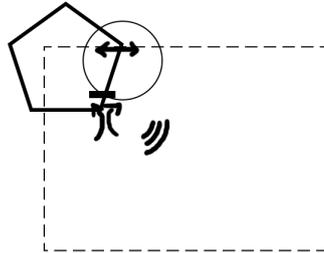
PPs

13 – Mobiliários confortáveis



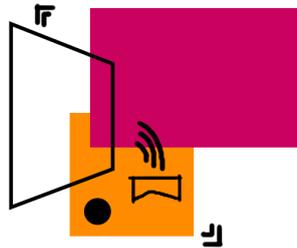
- Administração
- Áreas casuais de alimentação
- Áreas sociais
- Atividade em grupo
- Atividade individual
- Mobiliário confortável
- Salas de atividades

14 – Espaços flexíveis



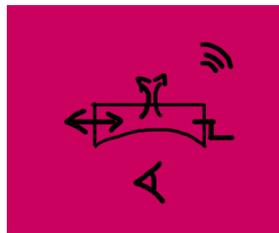
- Acústica Compatível
- Conexão Física
- Exposição
- Flexibilidade
- Mobiliário flexível
- Superfície de trabalho
- Zoneamento

15 – *Campfire Space*



- Acústica Compatível
- Área para público
- Áreas sociais
- Armazenamento
- Comunidade
- Lugar de destaque
- Proteção e segurança

16 – *Watering Hole Space*



- ACÚSTICA COMPATÍVEL
- ÁREAS SOCIAIS
- ATIVIDADE EM GRUPO
- CONEXÃO FÍSICA
- CONEXÃO VISUAL
- MOBILIÁRIO CONFORTÁVEL
- MOBILIÁRIO FLEXÍVEL

Quadro 4 - Parâmetros de projeto – redesenho – continuação
REPRESENTAÇÃO

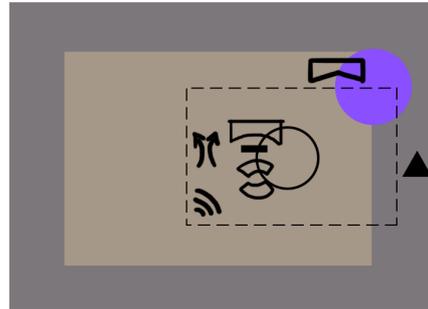
PPs

17 – Cave Space



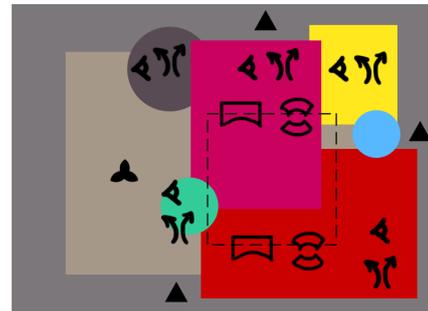
-))) ACÚSTICA COMPATÍVEL
- ÁREAS SOCIAIS
- ⊗ ATIVIDADE INDIVIDUAL
- ↔ CONEXÃO FÍSICA
- ◁ CONEXÃO VISUAL
- └ MOBILIÁRIO CONFORTÁVEL
- ☞ MOBILIÁRIO FLEXÍVEL

18 – Projeto para múltiplas inteligências



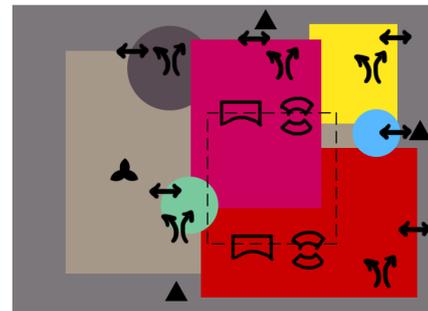
-))) ACÚSTICA COMPATÍVEL
- ÁREAS SUJAS
- ⊗ ARMAZENAMENTO
- ⊗ ATIVIDADE EM GRUPO
- ⊗ ATIVIDADE INDIVIDUAL
- EXTERIOR DA ESCOLA
- FLEXIBILIDADE
- INTERIOR DA ESCOLA
- ☞ MOBILIÁRIO FLEXÍVEL
- ▲ NATUREZA
- SUPERFÍCIE DE TRABALHO
- ZONEAMENTO

19 – Iluminação natural



- Administração
- Áreas casuais de alimentação
- Áreas sociais
- ⊗ Atividade em grupo
- ⊗ Atividade individual
- Banheiro
- ◁ Conexão Visual
- Exterior da escola
- Flexibilidade
- ☞ Identidade
- Interior da escola
- ☞ Mobiliário flexível
- ▲ Natureza
- Cantina
- Salas de atividades

20 – Ventilação natural

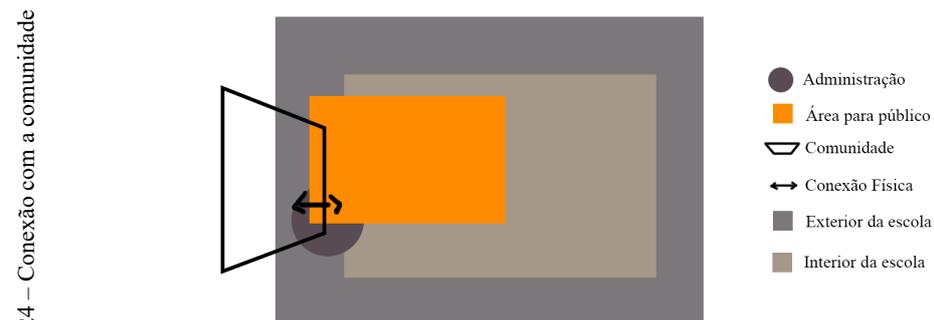
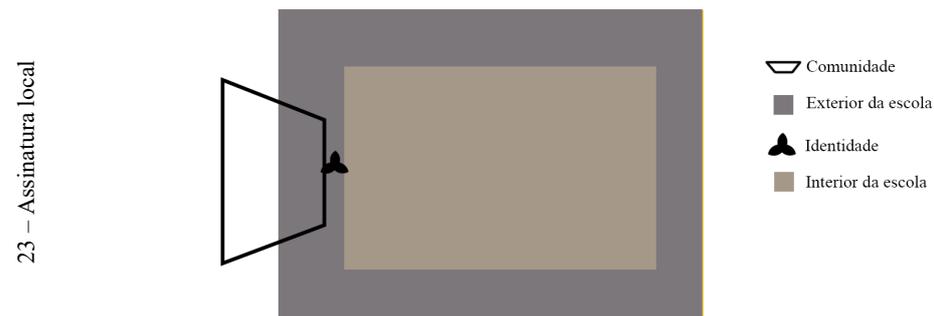
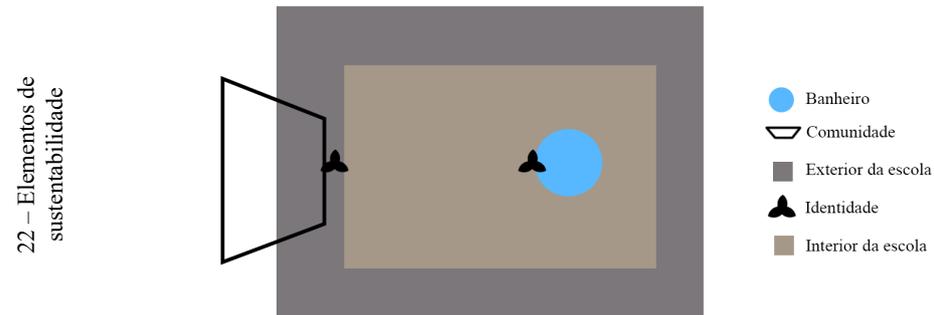
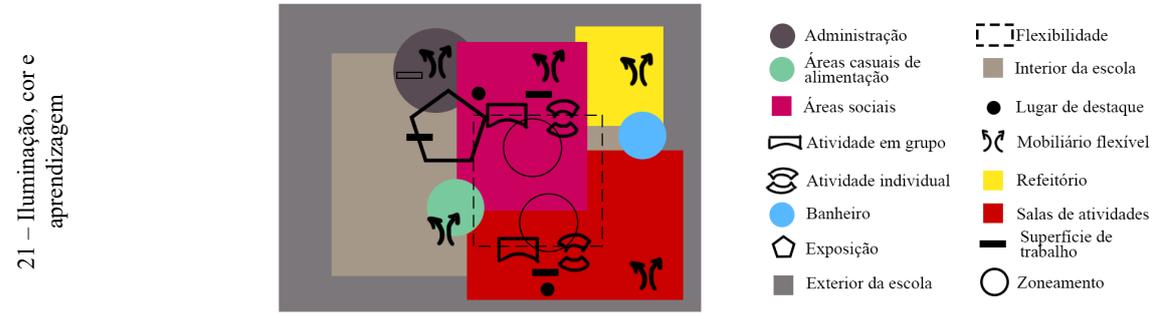


- Administração
- Áreas casuais de alimentação
- Áreas sociais
- ⊗ Atividade em grupo
- ⊗ Atividade individual
- Banheiro
- ↔ Conexão Física
- Exterior da escola
- Flexibilidade
- ☞ Identidade
- Interior da escola
- ☞ Mobiliário flexível
- ▲ Natureza
- Cantina
- Salas de atividades

Quadro 4 - Parâmetros de projeto – redesenho – continuação

PPs

REPRESENTAÇÃO



Quadro 4 - Parâmetros de projeto – redesenho – continuação

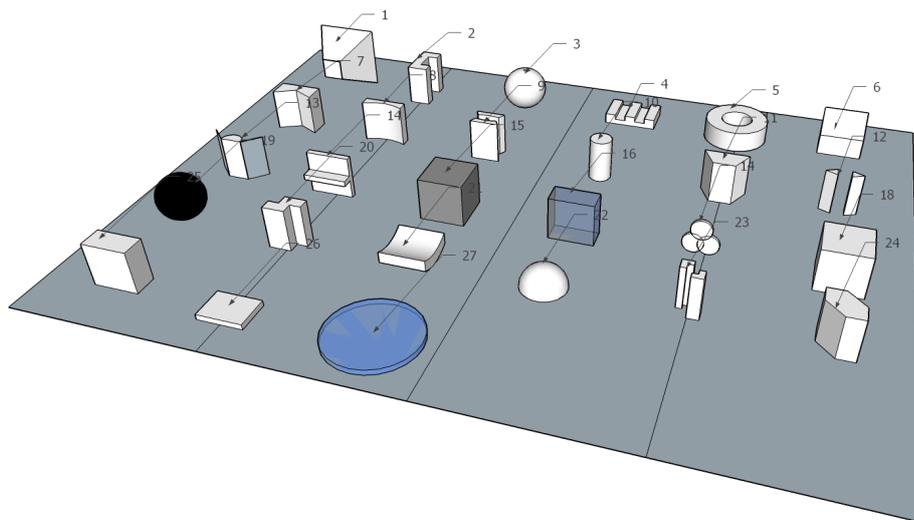
PPs	REPRESENTAÇÃO	
25 – Banheiros como os de casa		<ul style="list-style-type: none"> ■ Áreas sociais ● Banheiro ↔ Conexão Física △ Conexão Visual ■ Exterior da escola ■ Interior da escola
26 – Professores como profissionais		<ul style="list-style-type: none">))) Acústica Compatível ● Áreas casuais de alimentação ⤴ Armazenamento ⤴ Atividade em grupo ⤴ ATIVIDADE INDIVIDUAL ↔ Conexão Física △ Conexão Visual ■ Exterior da escola --- Flexibilidade ■ Interior da escola ⤴ Mobiliário confortável ■ Salas de atividades — Superfície de trabalho ○ Zoneamento
27 – Recursos de aprendizado compartilhados e biblioteca		<ul style="list-style-type: none">))) Acústica Compatível ■ Áreas sociais ⤴ Comunidade ↔ Conexão Física ■ Exterior da escola ■ Interior da escola ■ Salas de atividades — Superfície de trabalho
28 – Proteção dos parâmetros		<ul style="list-style-type: none"> △ Conexão Visual ■ Exterior da escola ■ Interior da escola ⤴ Proteção e segurança

4.1.1.2 Do bidimensional ao tridimensional e a mudança de linguagem

Definir os elementos básicos tridimensionais exigiu mais do que uma transposição direta das representações bidimensionais. Se, inicialmente, estudou-se essa ação, alcançando um resultado preliminar apresentado na **Figura 21**, notou-se que o resultado se limitara por não

explorar possibilidades apresentadas pela alteração do meio representativo. Ficou claro que outra abordagem poderia ser trabalhada, com revisão da necessidade de desenhar individualmente cada EB, especialmente no que diz respeito aqueles relativos às características ambientais e aspectos de conexão (categoria 3, **Figura 20**). Dessa forma, seria possível explorar não apenas mais da tridimensionalidade, como também o próprio sistema onde esses objetos seriam inseridos posteriormente.

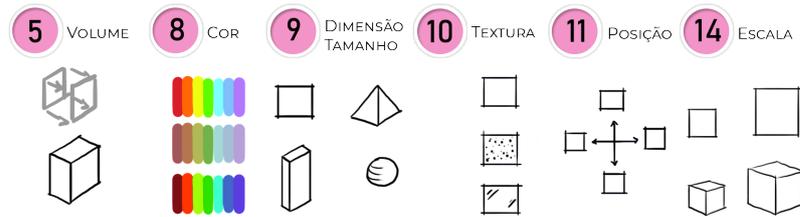
Figura 21 – Representação inicial PPs 3D vista em perspectiva



Fonte: A autora (2023)

Retornando à **Figura 11** e à **Figura 12**, os elementos visuais e formas de combinação para desenho e disposição foram reestudados e os EBs foram reconsiderados baseados em itens definidos prioritários. A **Figura 22** e **Figura 23** indicam quais foram esses itens definidos. Dentro dessa lista, pode-se notar que apesar de haver repetição daqueles usados para representar os EBs em duas dimensões, há variação, o que indica a criação de outros tipos de relações. As categorias existentes de (1) áreas, (2) agrupamento e (3) cuidado e conforto permanecem, o que garante a memorização de mesma distribuição.

Figura 22 – Elementos visuais considerados nos EBs tridimensionais



Fonte: A autora (2023)

Figura 23 – Formas de combinação consideradas nos EBs tridimensionais



Fonte: A autora (2023)

Antes de continuar a descrição da constituição gráfica dos elementos básicos 3D, é fundamental ressaltar que esse processo ocorreu enquanto era feita uma reflexão do meio de representação onde os objetos seriam visualizados. De modo complementar ao exposto, houve a percepção de que algumas decisões gráficas sofriam impacto direto do direcionamento pretendido ao desenvolvimento da aplicação e vice-versa. Apesar de gerar leis que se pretendem universais e possíveis de serem adaptadas em outros meios tridimensionais, como será apontado em posteriormente (5 SIMULAÇÃO), sua elaboração inicial refletiu de modo particular o meio de representação proposto (RA e software para seu desenvolvimento).

A primeira análise – com o supracitado em mente – levou à definição do trabalho com sólidos geométricos, ou primários, sendo estes cubos e esferas. A escolha de elementos gráficos complementares, a partir destes iniciais, passou pelo estudo da alteração de características das faces (ou superfícies), tipos de linha, ou elementos pontuais a serem alocados em superfícies conforme o processo de inclusão dos EBs tivesse andamento. Esse raciocínio levava a pensar os elementos da categoria 1 (áreas) como cubos e esferas opacas, os da categoria 2 (agrupamento) como cubos e esferas com alterações em suas arestas variando tipos de linha, e os da categoria 3 (cuidado e conforto) impactando na edição de faces conectadas de EBs já alocados da categoria 1 ou representado por elementos pontuais em diversos formatos.

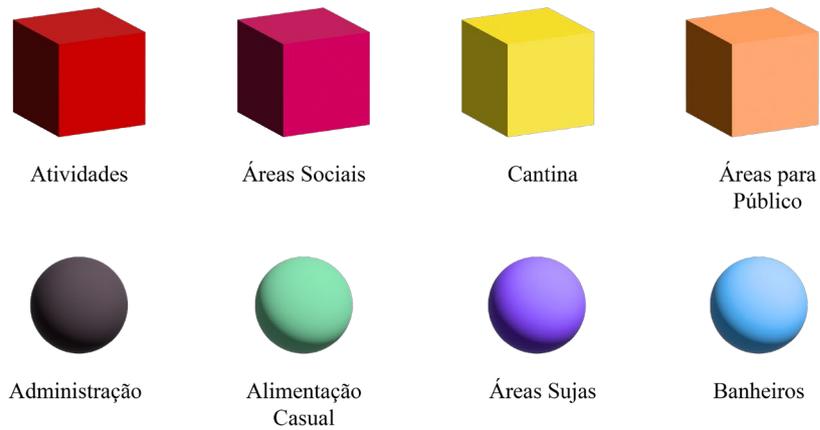
Essa representação se mostrou ainda incompatível com a exploração que se buscava tanto da tridimensionalidade quanto da proposta da aplicação. A variação no uso de tipos de linha (contínua ou tracejada com espessura ou cores diferentes, por exemplo) como identificação de objetos é essencialmente utilizada, em arquitetura, em desenhos técnicos ortogonais, para representar diferenças de altura ou profundidade. Ainda que possa ser utilizado em representações tridimensionais, criar sólidos baseados apenas na variação de linhas dessa natureza poderia confundir a leitura do diagrama formado. Outra avaliação levou à compreensão de que ao utilizar e conectar vários elementos tridimensionais que podem se interseccionar, suas partes internas ficam visualmente inacessíveis (não são vistas), o que faz com que trabalhar na edição de faces conectadas seja impraticável. Nesses casos, a inserção de itens pontuais pode levar com que eles se percam no interior dos volumes.

O modelo gráfico pensado em sequência contém sólidos, com aplicação de texturas opacas ou transparentes associado a um sistema de análise automática de sua conexão. Esse sistema corresponde à captação do modo como eles são dispostos, seu distanciamento e nível de conexão. Isso significou dar um foco na criação das categorias 1 e 2 dos EBs, e em um grupo específico de elementos pertencentes à categoria 3. Tal decisão, de aprofundar-se no funcionamento de apenas alguns EBs visou melhor definir e solidificar sua representação e manuseio.

Para a primeira categoria, decidiu-se trabalhar com volumes sólidos de textura opaca. Dividiu-se os EBs da categoria de áreas em (A) abertas e (B) fechadas, sendo estas representadas por cubos e esferas, respectivamente. Essa nomenclatura foi definida para separar os elementos básicos por sua hierarquia, sendo os “abertos” com mais impacto na espacialidade do projeto e os “fechados” com menor impacto. Cores foram atribuídas a cada elemento, com divisão entre quentes e frias, escolha que também se conecta à hierarquização desses EBs no ambiente escolar, o que corresponde a mais um nível de dados que separam visualmente o conteúdo criado. A **Figura 24** mostra quais EBs pertencem a cada subcategoria, suas formas e cores.

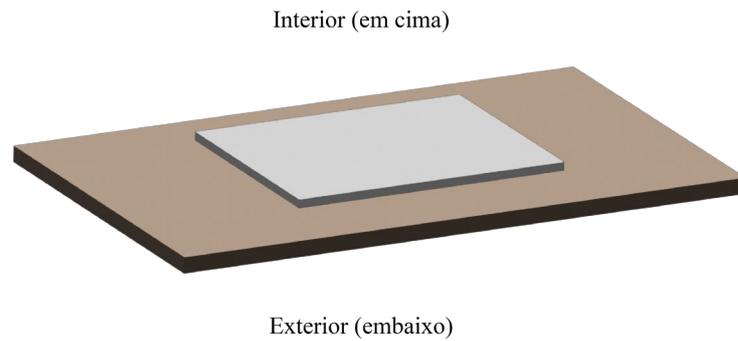
Dois EBs pertencentes a essa categoria, exterior e interior da escola, foram retirados dessa forma de representação porque neles se incluem todos os demais EBs, o que significa que, tridimensionalmente, impossibilitariam sua visibilidade. De outra forma, eles foram posteriormente incluídos como marcadores (que serão mostrados no tópico 4.2.4 Modelagem e visualização) que serviram de base – em forma de planos – para a área de trabalho **Figura 25**. Esses planos podem ser combinados de diversas formas, mas sempre mantendo o plano Interior acima do Exterior (**Figura 26**).

Figura 24 – Subdivisão da categoria Áreas



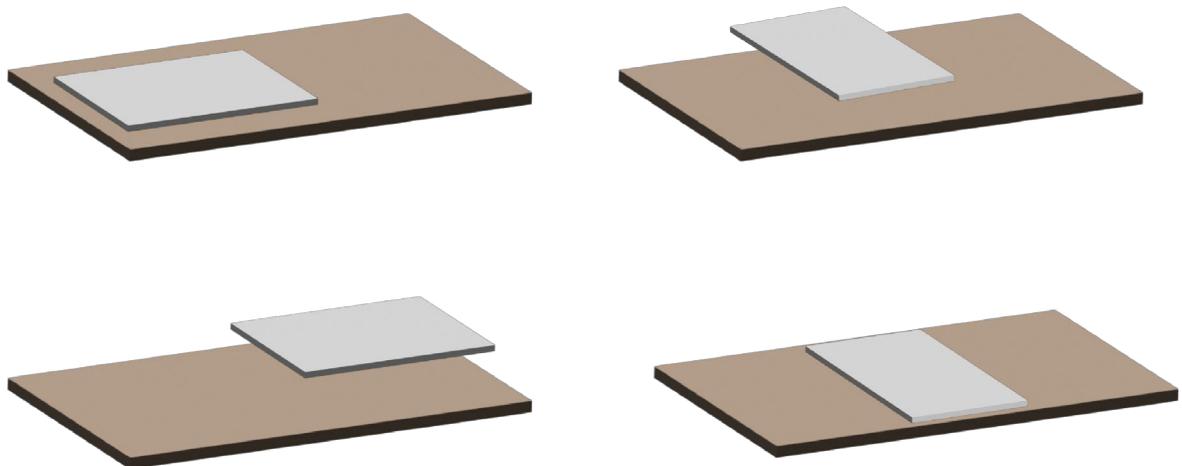
Fonte: A autora (2023)

Figura 25 – Planos Exterior (maior, embaixo) e Interior (menor, em cima) a serem associadas aos marcadores como base de cena e conexão ao mundo real



Fonte: A autora (2023)

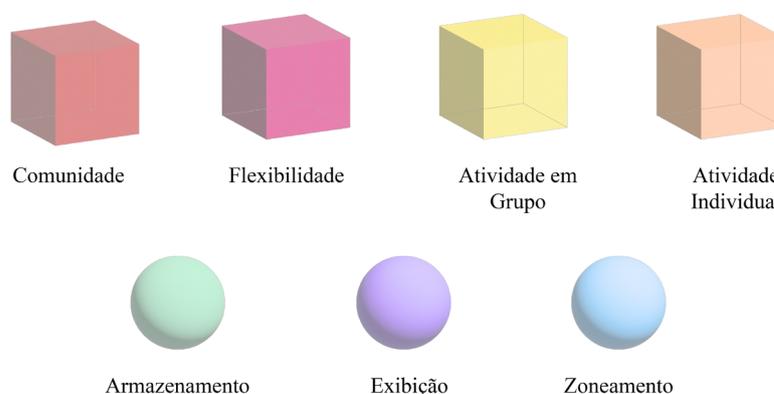
Figura 26 – Diferentes combinações de planos de referência Exterior e Interior



Fonte: A autora (2023)

Na categoria “agrupamento”, há uma composição semelhante à de áreas. Volumes foram definidos, mas, dessa vez, com textura transparente, já que tal categoria tem intenção de unir partes, zonear, o que a torna mais permeável. As subdivisões são (A) ativo e (B) passivo, correspondendo a cubos e esferas respectivamente. Seus significados se relacionam com as formas porque “ativo” representa dinamicidade e pode apresentar maiores modificações, tendo o cubo liberdade de variação dimensional maior que a esfera. Passivo, por sua vez, é mais estável, característica de uma circunferência e, por associação, da esfera. As mesmas cores selecionadas anteriormente foram aplicadas nessa categoria. Todas essas informações estão contidas na **Figura 27**.

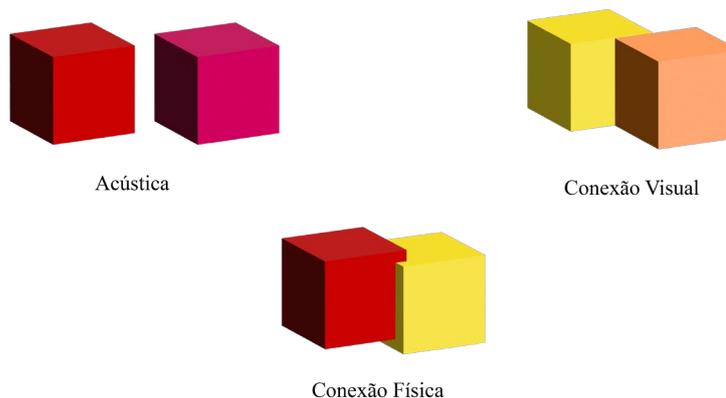
Figura 27 – Subdivisão da categoria Agrupamento



Fonte: A autora (2023)

A última categoria, de cuidado e conforto, foi subdividida em (A) relação, (B) distribuição e (C) concentração, listadas na **Figura 28**. Como demonstrado pelo seu nome, seu significado levou à decisão de trabalhar a análise de associações entre os elementos da categoria 1. Concentrou-se em estabelecer como a primeira subcategoria se comportaria. Dentro das formas de combinação aditivas, destacam-se as possibilidades de unir os elementos por tensão, por face ou interseção, criando uma análise de proximidade entre os itens. Portanto, os três EBs que compõe a subcategoria relação, ao invés de possuírem forma física e serem incluídos um a um como os demais, podem ser interpretados imediatamente apenas pelo posicionamento e tipos de conexões dos itens da categoria 1. A adição por tensão indica maior distância e se relaciona ao EB conexão acústica, a face-a-face aproxima os elementos e se relaciona à conexão visual, enquanto a interseção une de fato, levando a pensar nas possíveis conexões físicas.

Figura 28 – Subdivisão da categoria Cuidado e Conforto



Fonte: A autora (2023)

Para a criação de diagramas 3D, as regras de combinação seguem basicamente as mesmas etapas das combinações dos elementos em 2D. Contudo, algumas dessas ações foram pensadas para e impactadas pelo funcionamento da aplicação, o qual será mais bem explicado em capítulo posterior (4.2 Definições e requisitos para o artefato) que inclui requisitos e funcionalidade do sistema. Aqui, mantém-se a atenção em descrever o sistema gráfico, listando-se as regras e estabelecendo o vínculo com o que será discutido futuramente nesse trabalho.

Inicialmente, atenta-se à (1) **ordem de inclusão**, direcionada por acesso via menu de EBs, que permite a inclusão de cubos e esferas padrão inicialmente, para posteriormente determinar suas cores, atribuindo, assim, seu significado. Depois, (2) **posição**, (3) **escala**, (4) **dimensão** e (5) **rotação** são possibilitadas e estimuladas por diferentes graus de liberdade embutidos no artefato. Por fim, ações de (6) **adição** são realizadas, uma vez que um elemento deve ser associado a outro por qualquer tipo de procedimento aditivo (algo que pretende ser estimulado intuitivamente).

Admitiu-se a construção de diagramas de PPs em 3D ao utilizar o sistema desenvolvido e, por isso, não foi criada um quadro que apresentasse especificamente cada parâmetro. Decidiu-se por trabalhar observando como eles se comportavam quando pensados de forma unificada, o que aconteceria em uma situação projetual real, na qual cada parâmetro não aparece individualmente, mas associado aos demais. Assim, à essa etapa de construção dos EBs tridimensionais, se segue a apresentação da inclusão de cada um destes na ferramenta RA. Ou seja, para o desenvolvimento da aplicação em RA, é preciso que cada camada de informação que estará contida nele esteja primeiramente preparada de forma criteriosa. As configurações e nuances dessa aplicação serão compreendidas antes que ela possa receber os dados gráficos preparados.

4.2 Definições e requisitos para o artefato

A aplicação foi criada para dispositivos móveis e foi desenvolvida em conjunto com projeto de pesquisa na área de computação. Sua construção dependeu de três frentes de desenvolvimento. Cada uma será tratada em um tópico específico nessa seção. São apresentadas as configurações para desenvolvimento do sistema, onde se discute também os termos de programação. Como um sistema integrado, a interface do usuário é de suma importância para guiar o usuário e é intimamente relacionada ao objetivo do artefato. Finalmente, os EBs, em sua representação digital particular para esse sistema, são apresentados nos termos de modelagem e visualização, onde também se encontram questões relativas à implementação em RA.

Diretrizes gerais para o desenvolvimento do artefato foram, contudo, definidas desde o início da pesquisa. Além disso, com as regras de modelagem em mãos (aquelas apresentadas na seção anterior), definiu-se com mais clareza o desenho da ferramenta, bem como a criação de alternativas desta através de prototipagem. Tanto o desenho da ferramenta quanto a geração de protótipo são itens ligados ao conceito de interação humano-computador (IHC). Ao mesmo tempo, o desenvolvimento da experiência em RA, sua interface e suas funcionalidades, se beneficiaram de estratégias da programação orientada a objeto (POO), que procura criar, nas estruturas de um programa, atributos e comportamentos inspirados na organização de objetos do mundo real. A relação do uso de IHC e POO permitiu criar experiências dinâmicas e flexíveis de modelagem e simulação dentro do contexto do programa de necessidades de arquitetura, considerando também a aproximação com o usuário. Em resumo, estabeleceu-se que para desenvolver a ferramenta era necessário refletir sobre alguns pontos básicos:

- Possibilidade de interação do usuário com o objeto virtual gerado pela ferramenta;
- Sistema operacional e portabilidade;
- Interface de desenvolvimento e linguagem de programação;
- Qualidade e estabilidade da imagem gerada;
- Custo da ferramenta.

4.2.1 Requisitos gerais

Usando conceitos importantes de interação humano computador e programação orientada a objetos, o projeto se desenvolveu utilizando a Unity Engine para a criação da aplicação, que permite – e requer – trabalhar com programação em C# como forma de dinamizar interações. Como resultado, a ferramenta se tornou mais completa funcionalmente.

A definição de alguns aspectos fundamentais do desenvolvimento foi realizada dentro do que é nomeado Engenharia de Requisitos [de Software]. Tal procedimento é importante para determinar de modo consistente e detalhado os requisitos para o produto a ser construído. Ainda que ele transpasse questões relativas aos usuários, seu principal foco são requisitos do sistema. Uma extensa lista existe, proposta por (Robertson; Robertson, 2013) e indica-se seu acompanhamento para que seja possível especificar cada parte que compõe a tarefa de construção da ferramenta. O preenchimento dessa lista permite ter uma visão completa do que precisa ser pensado. Nessa pesquisa, devido ao seu objetivo, apenas os tópicos mais relevantes para propor o artefato serão apresentados e discutidos. A lista tem início nesta seção e continuidade na próxima (4.2.2 Requisitos funcionais: o sistema).

- i) **Razão do projeto** (por que realizar o projeto?)
 - a. Contexto e esforço do projeto: relaciona-se ao objetivo da pesquisa;
 - b. Objetivos do Projeto: relaciona-se ao objetivo do artefato;
- ii) **Pessoas relacionadas** (pessoas com interesse pelo produto)
 - a. O cliente/patrocinador (quem solicita o produto): no contexto de pesquisa, a ideia parte dos pesquisadores envolvidos, financiados pela FAPESP;
 - b. O usuário (quem vai usar o produto): arquitetos e arquitetas que pretendem fazer projetos de escolas (descrição de perfil feita em seção posterior de Representação da necessidade);
 - c. Personas (pessoas com histórias e personalidades criadas que podem interferir na elaboração do produto): descrição de quatro personas apresentada na seção 4.2.3.1 Representação da necessidade;
- iii) **Restrições** (restrições para o desenvolvimento do produto)
 - a. Restrições da solução: a solução deve ser criada como aplicativo para dispositivos móveis;
 - b. Ambiente de implementação do sistema (onde será instalado): dispositivos móveis, podendo ser smartphones ou, preferencialmente pelas dimensões de tela, tablets;
 - c. Software pronto (software para desenvolvimento do artefato): ferramentas apresentadas na seção 4.2.4 Modelagem e visualização, indicando a criação na Unity, com Vuforia SDK para interações em RA;

- d. Antecipação do ambiente de trabalho (onde os usuários utilizarão o artefato): local de trabalho, seja em casa ou escritório, com computador e outros materiais de desenho, acrescido de espaço livre para projeção dos elementos em RA;
 - e. Cronograma (prazos e janelas de oportunidades): construção do artefato dentro do cronograma de pesquisa de doutorado;
- iv) **Convenções de nomenclatura e terminologia** (vocabulário único da área a que o produto se aplica)
- a. Definição de termos e acrônimos utilizados: os principais termos diretamente relacionados ao uso e compreensão do aplicativo dizem respeito aos parâmetros de projeto (PPs) e elementos básicos (EBs) e ambos também foram incluídos em campo específico de “Definições” na interface do artefato;
- v) **Fatos relevantes e suposições**
- a. Fatos relevantes: existem 29 PPs, que foram divididos em cinco categorias para melhor compreensão e reconhecimento de sua distribuição do ambiente escolar. Junto a eles, definiu-se 27 EBs, também divididos em categorias e subcategorias, que facilitam o reconhecimento, inclusão e manuseio dos PPs no projeto escolar;
 - b. Regras do trabalho: o uso de EBs como unidades que se combinam para alcançar a inclusão de PPs. Não há máximo e mínimo de EBs a serem incluídos, mas recomenda-se passar por todos e incluir todos aos menos uma vez;
 - c. Suposições: o trabalho com conceitos de PPs e EBs é visto como forma de auxiliar sua memorização e internalização como importantes aspectos a serem considerados desde etapas iniciais do projeto de arquitetura escolar.

A partir daí, outras especificidades são destacadas, levando em consideração tanto os estudos iniciais sobre a linguagem visual quanto esses requisitos gerais do software e o que se desejava realizar de modo prático durante a elaboração e alcançar com o uso da ferramenta:

- Experiências em RA e interface desenvolvidas em uma mesma plataforma;
- Experiências em RA que envolvam toque na tela (uso de *tablets* ou *smartphones*)
- Objetos tridimensionais criados na interface ou importados de outros softwares de modelagem 3D;

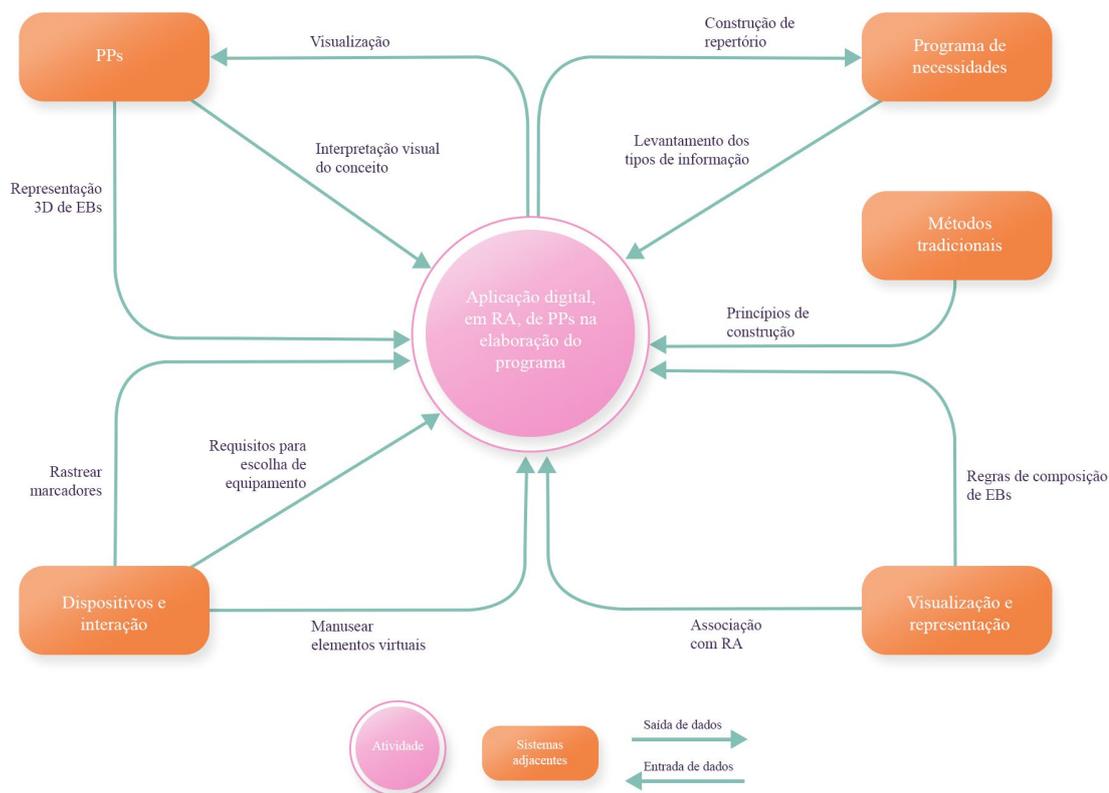
- Menus interativos;
- Programação visual, além de códigos escritos;

4.2.2 Requisitos funcionais: o sistema

Enquanto os requerimentos gerais auxiliam na melhor compreensão do contexto externo ao projeto, ainda que com impacto nele, os requisitos funcionais guiam sua estruturação. Há, agora, uma aproximação com o sistema proposto e os agentes que se relacionam a este, de maneira a compreender quais funções o produto deve possuir para atender o objetivo acompanhando um conjunto de regras. A lista que segue é continuidade daquela da seção anterior (4.2.1 Requisitos gerais):

- vi) **Escopo do trabalho** (determina os limites da área de alcance do artefato e destaca como o artefato se encaixa nessa área)
 - a. Situação atual: apresentado na seção 2 MOTIVAÇÃO, em especial ao trazer questões de projeto, métodos de projeto e programa;
 - b. Contexto do artefato (diagrama de contexto que identifica os limites do artefato que precisam ser estudados para construí-lo): apresentado em formato diagramático (**Figura 29**), na qual a atividade (círculo rosa) corresponde aquilo que está sendo trabalhado (ou o que se busca aperfeiçoar); sistemas adjacentes (retângulos laranja) são as partes que afetam ou são afetadas pelo produto; e entradas e saídas de dados (setas direcionais verdes) indicam a direção das informações entre a atividade e os sistemas adjacentes;

Figura 29 – Diagrama de contexto



Fonte: A autora (2023)

- c. Particionamento do trabalho (lista todos os eventos (*business events*) aos quais o trabalho, ou atividade, responde; essas respostas são chamadas casos de uso da atividade (*business use case - BUC*)): um evento acontece no momento que um sistema adjacente “decide” fazer algo, ou quando um processamento acontece partindo de um sistema adjacente. O sistema adjacente transmite à atividade que o evento ocorreu ao acionar um fluxo de dados. Quando esse fluxo completa seu caminho, a atividade responde processando os dados (o que é chamado de caso de uso) (**Quadro 5**)⁹.

⁹ Exemplo de leitura do quadro: O sistema adjacente “PPs” forneceu uma entrada de dados (a interpretação visual do conceito), à atividade (a aplicação digital, em RA, dos PPs), a partir de sua configuração em EBs, para uso na elaboração do programa arquitetônico. À ação de transmissão de dados dá-se o nome de evento, nomeado “1. PPs fornecem base conceitual” e à resposta, ou ao processamento desses dados, dá-se o nome de casos de uso da atividade, que aqui foi o estudo do conceito dos PPs para definir e caracterizar representações gráficas utilizadas no artefato.

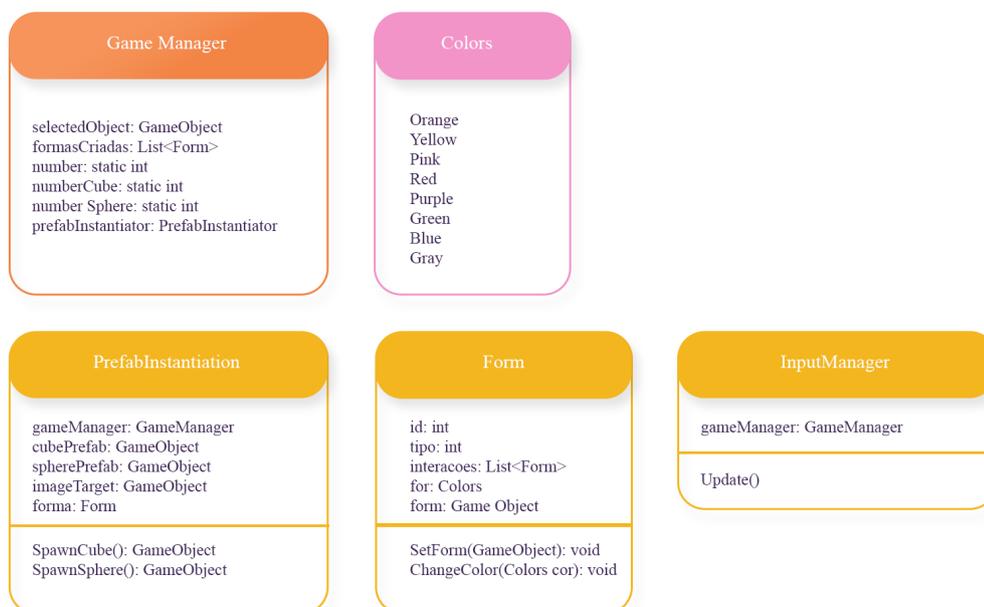
Quadro 5 – Lista de eventos

Nome do Evento	Entradas (E) e Saídas (S) de dados (nomes idênticos aos do diagrama de contexto)	Resumo do Caso de Uso da atividade
1. PPs fornecem base conceitual	Interpretação visual do conceito (E)	Estudo do conceito dos PPs para definir e caracterizar representações gráficas utilizadas no artefato
2. Sistematização de PPs origina EBs	Representação 3D de EBs (E)	Elaboração de formas unitárias a partir do conceito de PPs e definição de sua representação gráfica
3. Formas (representação dos EBs) são visualizadas da interface do artefato	Visualização (S)	Apresentação dos elementos em seu formato virtual utilizando o artefato após modelagem para visualização
4. Definição de requisitos de visualização e interação com dispositivo móvel	Requisitos para escolha de equipamento (S)	Definição de tipos de uso e interações desejadas com o artefato para seu direcionamento construtivo em RA
5. Detecção e formas de interação com marcadores associados a elementos virtuais	Rastrear marcadores (E)	Desenvolvimento em software para determinar a conexão entre marcadores de RA e elementos virtuais visualizados
6. Dispositivos permitem interações por toque com elementos virtuais	Manuseio de elementos virtuais (E)	Interação com a interface permitindo o manuseio dos elementos virtuais de diferentes maneiras
7. Definições de formas de visualização e representação em RA	Associação com Realidade Aumentada (E)	Estudo de implementação da tecnologia RA e de sua interface
8. Representação de elementos partindo de regras gráficas	Regras de composição (E)	Estudo de elementos de representação gráfica para elementos individuais e suas formas de associação
9. Regras de uso de métodos tradicionais do programa arquitetônico	Princípios de construção (E)	Levantamento de regras de construção de diagramas tradicionais para programa e transposição de significado para novos diagramas
10. Considerações sobre o trabalho com o programa de necessidades no processo de projeto	Levantamento dos tipos de informação (E)	Listagem e escolha de tipos de informações consideradas no programa e aquelas que serão trabalhadas no artefato
11. Internalização e memorização de conceitos a serem incluídos no programa	Construção de repertório (S)	Identificação, aprendizado e aplicação de conceitos e uso de forma prática e direta

vii) **Modelo de dados**

- a. Modelo de dados (especificação das principais entidades e classes relativas ao produto): a organização dessas informações em diagrama permite identificar os tipos de dados que são criados, referenciados ou atualizados nos processos que acontecem no artefato. Diagramas UML (*Unified Modeling Language*) contém essas informações de forma organizada e a versão inicialmente proposta pode ser vista na **Figura 30**. A versão mais ampla correspondente à aplicação final será apresentada em seção futura do texto (4.2.2.1 Diagramas UML e a estrutura da aplicação);

Figura 30 – Modelo de dados – Diagrama UML – versão inicial e simplificada



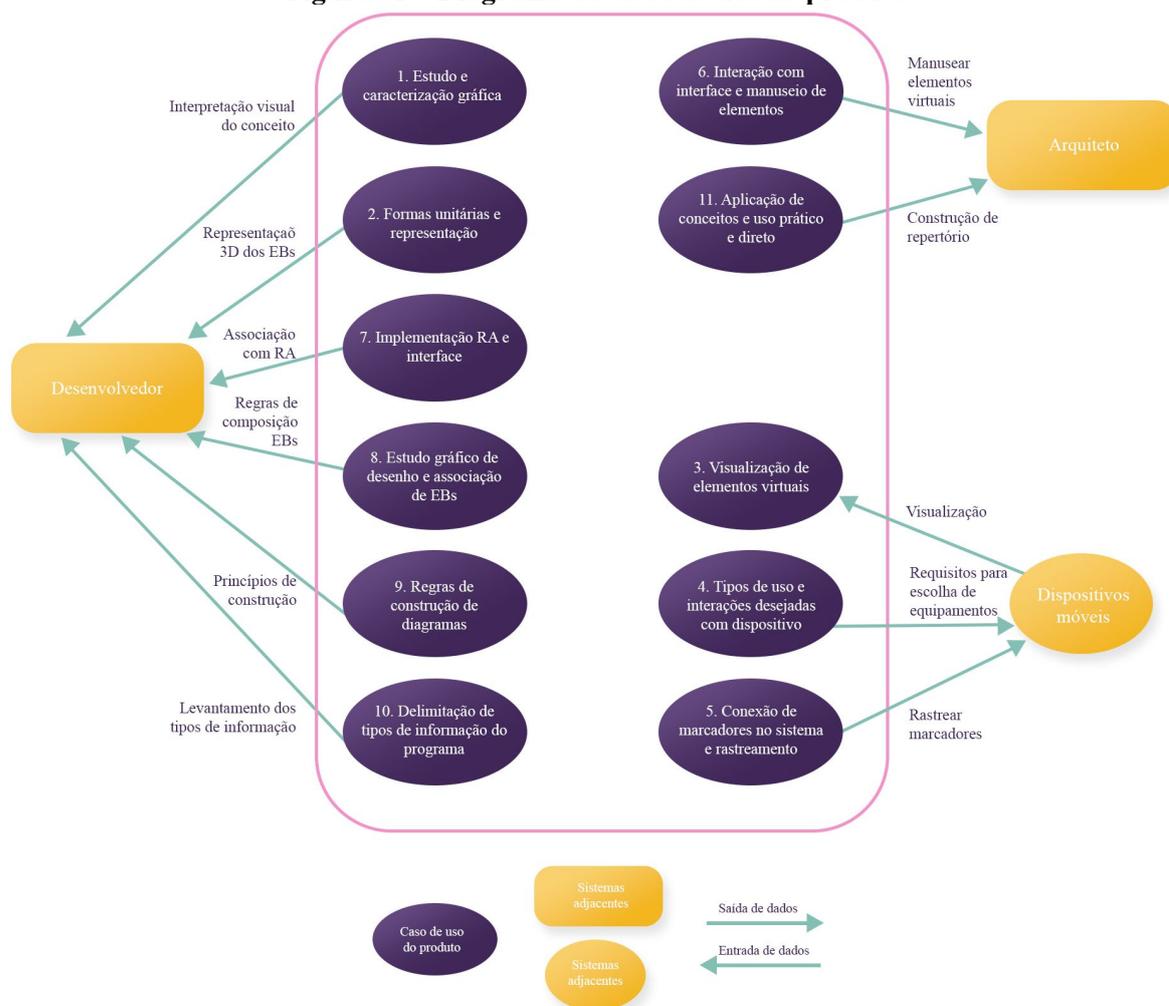
Fonte: A autora (2023)

viii) **Escopo do produto**

- a. Limite do produto: utilizando um diagrama de BUC é possível identificar os limites entre os atores e o produto (artefato). Os limites do produto são encontrados ao inspecionar os casos de uso do sistema apresentados no **Quadro 5**, terceira coluna. Dessa ação deriva a determinação de quais casos de uso devem ser automatizados e quais devem ser realizados pelo usuário ou delegados a outro produto. Nesse momento, os casos de uso do artefato se tornam casos de uso do produto e compartimentados de modo a indicar aquilo que está contido no

produto. Externamente se encontram os atores (usuários, desenvolvedores ou outros sistemas envolvidos). O fluxo de dados reaparece conectados aos seus respectivos BUCs. Todos esses detalhes podem ser vistos no diagrama da **Figura 31**.

Figura 31 – Diagrama de casos de uso do produto



Fonte: A autora (2023)

Finalizada a descrição de requisitos funcionais, nessa lista também se encontra uma série de itens específicos de requerimentos não-funcionais. Esses requisitos dizem respeito à aparência, sensações, usabilidade, ergonomia e serão apresentados em seção futura dedicada especificamente a esses fatores (4.2.3 Requisitos não-funcionais: a interface).

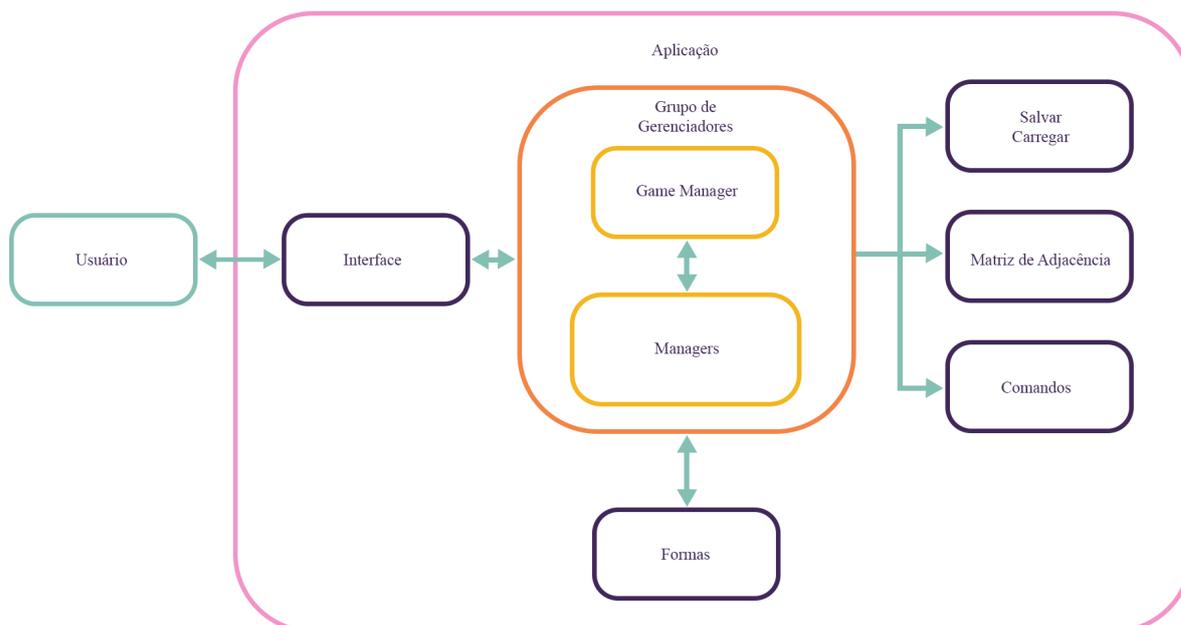
4.2.2.1 Diagramas UML e a estrutura da aplicação

No contexto de POO encontram-se os diagramas UML, parte da Engenharia de Software e usados como forma de estruturação funcional gráfica de softwares. Regras de

gerenciamento de camadas de informação estão presentes e, nesse estudo, é importante incluir tal detalhe porque ele inclui partes da linguagem aqui elaborada para representar e caracterizar os parâmetros de projeto dentro da aplicação em RA. Sua leitura e compreensão depende do entendimento inicial de componentes como classes e atributos; em resumo, classes são tipos de dados que possuem atributos específicos que definem suas propriedades e comportamentos (Sundaramoorthy, 2022).

Se existem diversos tipos de diagramas UML, aqui optou-se por customizar o diagrama UML, de acordo com o contexto da pesquisa (**Figura 32**). Abarcando todo o sistema se encontra a “Aplicação”, com a qual o “Usuário Interage” por meio da “Interface”. Ao centro, controlando as tarefas e ações da aplicação, está o “Grupo de Gerenciadores”, dentro do qual se encontram o *Game Manager* que, por sua vez, controla os *managers*. Cada *manager* desempenha um papel de forma que entre eles é mediada pelo *Game Manager*. Por fim, o item “Comandos” é responsável por realizar as ações desejadas pelos usuários e as formas correspondem aos EBs e suas alterações são controladas pelo grupo de gerenciadores. Por exemplo, para alterar a cor de uma forma, há o *Color Manager*, enquanto para mudar a forma selecionada existe o *Selection Manager*. Os gerenciadores também controlam a interação com a interface gráfica, citada no início do parágrafo, bem como todo o processo com os comandos específicos, a matriz de adjacência e o sistema para carregar e salvar.

Figura 32 – Diagrama UML de Classes



Fonte: A autora (2023)

4.2.3 Requisitos não-funcionais: a interface

Enquanto os requisitos funcionais foram apresentados conforme lista específica tomada da Engenharia de Requisitos de Software, para explicar os requisitos não-funcionais preferiu-se seguir outra divisão. Nessa seção serão apresentados três tópicos que demonstram o passo-a-passo escolhido para geração do artefato. Como base para esse desenvolvimento foi estudado o conteúdo de Interação Humano-Computador (IHC) e Experiência do Usuário (UX) (Barbosa *et al.*, 2021) A compreensão e representação da necessidade é o primeiro ponto discutido, seguindo do design da interface, que inclui questões de aparência, finalizando com alternativas de desenho e prototipagem.

4.2.3.1 Representação da necessidade

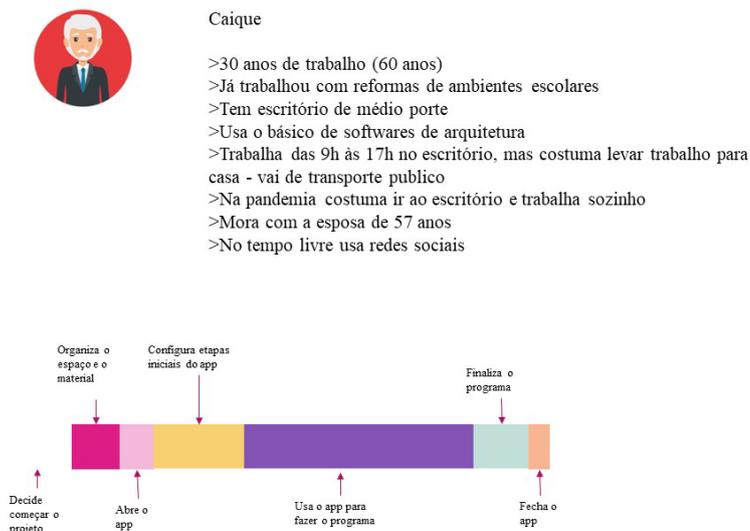
A importância da compreensão das demandas dos usuários não é novidade para arquitetos. Aqui, assimilar esse contexto tem função de auxiliar a tomada de decisões sobre a elaboração da interface: o caminho percorrido ao utilizar a ferramenta, a distribuição de conteúdo, bem como a forma como foram abordados, e a criação e o arranjo dos botões de acesso a cada conteúdo. Por isso, o primeiro passo prático para o desenho da interface foi realizar um processo de “*Needfinding*”, ou identificação de necessidades. Para tanto foi necessário pensar nas perguntas “Quem são os usuários [da ferramenta]?”, “Onde estão os usuários?”, “Qual o contexto da atividade?”, “Qual o objetivo?”, “Do que precisam?”, “Quais

são as atividades?”, “Quais são as subtarefas?”. Com as respostas dessas perguntas, algumas das quais pré-estabelecidas ao tratar de Requisitos gerais, foi possível começar a descrever formas de representar essas necessidades, estruturando-as.

Através de cinco métodos usados para aprofundar a compreensão das necessidades dos usuários, encaminhou-se uma reflexão sobre a construção da própria ferramenta. O primeiro desses métodos é o de criação de (1) Personas, que são personagens fictícios, ou perfis imaginários, para representar os usuários. Associado a este método está o de (2) Perfil dos usuários, que apresenta um conteúdo real indicativo das características que o grupo de usuários desejado possui. Posteriormente, há o método de criação de (3) Linhas do tempo, para entender como seria a interação das personas com a interface, explorando se as atividades ou o local em que se encontram pode interferir no seu humor ou vontade de utilizar a ferramenta. E, para fechar essa sequência, o método de (4) Cenários foi aplicado, discutindo tipos específicos de interações e problemas.

As figuras a seguir apontam o compilado dos métodos 1, 3 e 4 citados com exemplos de como foram trabalhados nessa pesquisa (**Figura 33, Figura 34, Figura 35 e Figura 36**). Nas figuras, a distribuição de informações ocorre com a descrição do perfil das personas (1) acima, suas respectivas linhas do tempo (3), abaixo, e possíveis cenários de uso (4), nas laterais e em cores. Por fim, apresenta-se a lista com o perfil dos usuários (2).

Figura 33 – Persona 1 | Linha do tempo 1 | Cenário 1



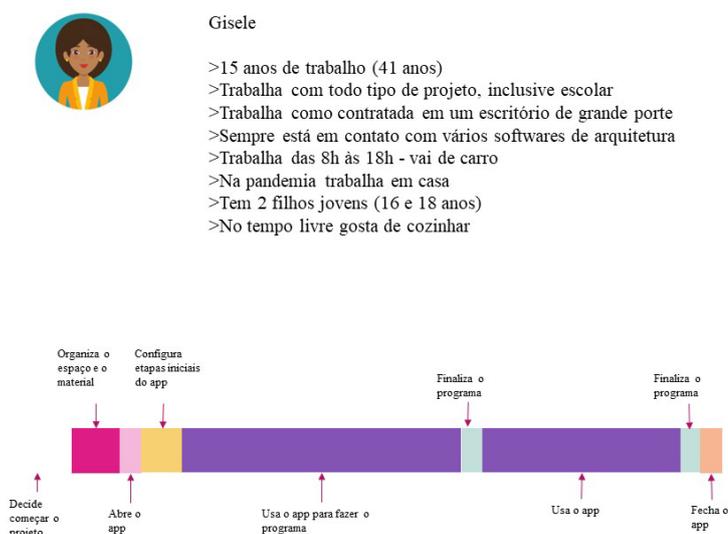
CENÁRIO 1

Ao configurar as etapas iniciais precisa recorrer a anotações sobre as demandas dos clientes. Lembra de **fazer anotações** extras. Gosta de manter o contato visual com esses itens.

No uso do app, se **esqueceu quais eram os parâmetros** e seu significado precisa encontrar essa informação.

Fonte: A autora (2023)

Figura 34 – Persona 2 | Linha do tempo 2 | Cenário 2

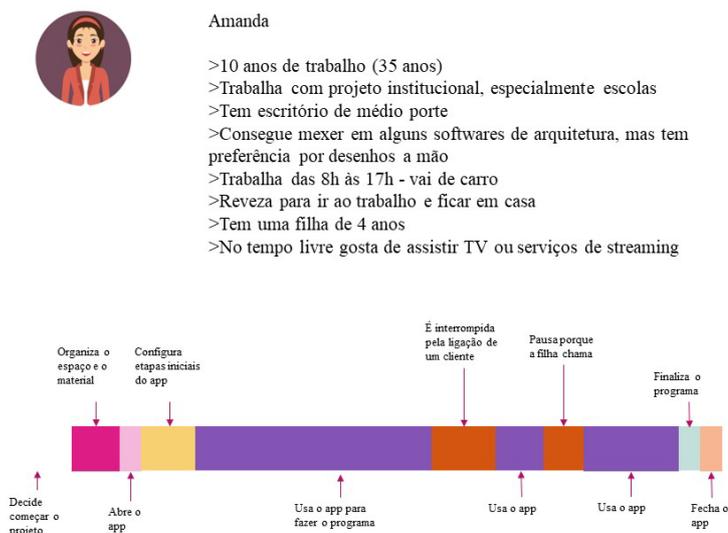


CENÁRIO 2

Como usa o app por longos períodos para completar a tarefa, **precisa fazer pausas e salvar a evolução** quando sai para horários de almoço ou ir ao banheiro.

Fonte: A autora (2023)

Figura 35 – Persona 3 | Linha do tempo 3 | Cenário 3

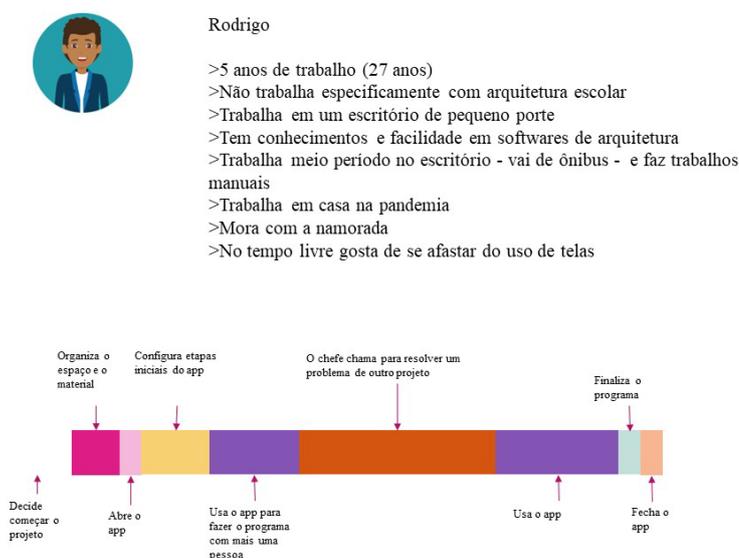


CENÁRIO 3

Durante o uso do app dessa **inserir vários elementos básicos iguais** para que sejam distribuídos ao longo do programa, uma vez que são itens importantes e que fazem parte da base da ideia. Um item sozinho, ampliado em sua escala, não poderia ser usado porque ocuparia muito espaço de tela, ela quer criar mais conexões.

Fonte: A autora (2023)

Figura 36 – Persona 4 | Linha do tempo 4 | Cenário 4



CENÁRIO 4

Enquanto usa o app quer indicar que um **grupo de elementos está conectado**, forma um bloco entre si. Esse bloco é o primeiro a ser montado, mas assim que vai inserindo outros elementos básicos para representar outras ideias, precisa **mudar escalas do que foi colocado antes**, para fazer jus a proporcionalidade.

Fonte: A autora (2023)

- Arquitetos(as) com qualquer frequência de uso de softwares de arquitetura;
- Arquitetos(as) com qualquer frequência de uso de aplicativos de qualquer natureza;
- Arquitetos(as) que trabalhem com projeto;
- Arquitetos(as) que trabalhem em escritórios de qualquer porte;
- Arquitetos(as) que tenham interesse/trabalhem em arquitetura escolar;
- Arquitetos de qualquer idade.

O último dos métodos é chamado de (5) Modelagem do usuário e é aplicado para explorar as necessidades como guia para a construção física da ferramenta, ou seja, pensar em quais etapas serão percorridas pelo usuário na sua interação com a aplicação. Esse método é subdividido em quatro tipos de análises: 1) Descrição passo-a-passo da atividade), que procura entender o engajamento do usuário em uma tarefa desde a decisão de trabalhar com ele até o encerramento dessa atividade; 2) Rede hierárquica, que tem como objetivo aprofundar o conhecimento sobre a tarefa; 3) Diagrama dos relacionamentos estruturais, para estudar os componentes do sistema da interface e como eles interagem; 4) Fluxograma com pontos de tomada de decisão), que indica caminhos a serem percorridos ao interagir com a ferramenta.

As análises 1, 2 e 4 foram realizadas e seus resultados podem ser vistos nas figuras que seguem (**Figura 37, Figura 38, Figura 39**, respectivamente). Como indicado, elas permitiram definir o escopo de trabalho e direcionar o funcionamento da ferramenta, quando associadas também ao estudado durante a organização dos requisitos funcionais. No método de rede hierárquica foi ainda feita uma comparação da atividade realizada de forma tradicional com outra realizada com a aplicação de modo a perceber o momento de mudança na relação do usuário com a tarefa.

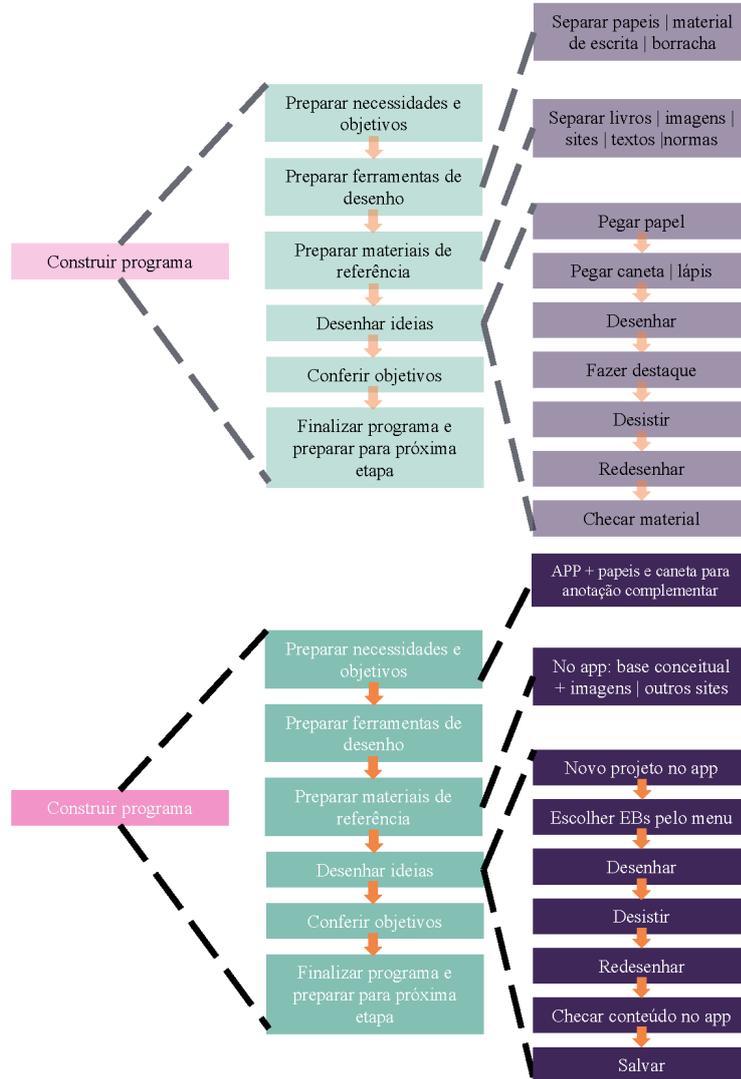
Figura 37 – Representar a necessidade da ferramenta – Método de descrição passo-a-passo da atividade

Passo-a-passo

- Está no escritório
- Recebe cliente e aceita projeto
 - *Decide começar o projeto – se projeto escolar*
 - Prepara ambiente com aparelho
 - Abre o app
 - *Área de trabalho inicial é mostrada*
 - *Abre “Novo Projeto”*
 - *“Começa novo desenho” ou escolhe “Apresentar material”*
 - Se novo desenho:
 - *Interface de trabalho*
 - *Decide itens a inserir*
 - Aba EBs de PPs
 - Escolhe Ebs
 - Insere EB
 - *Modifica características: Posição | Rotação | Escala*
 - Insere NOVO EB
 - *Modifica*
 - *Associa*
 - *Desiste da ação: Volta | Deleta*
 - *Esquece significado: Acessa material*
 - Le material
 - Volta a área de trabalho
- *Decide finalizar*
- *Salva arquivo*
- Fecha o app
- Guarda material

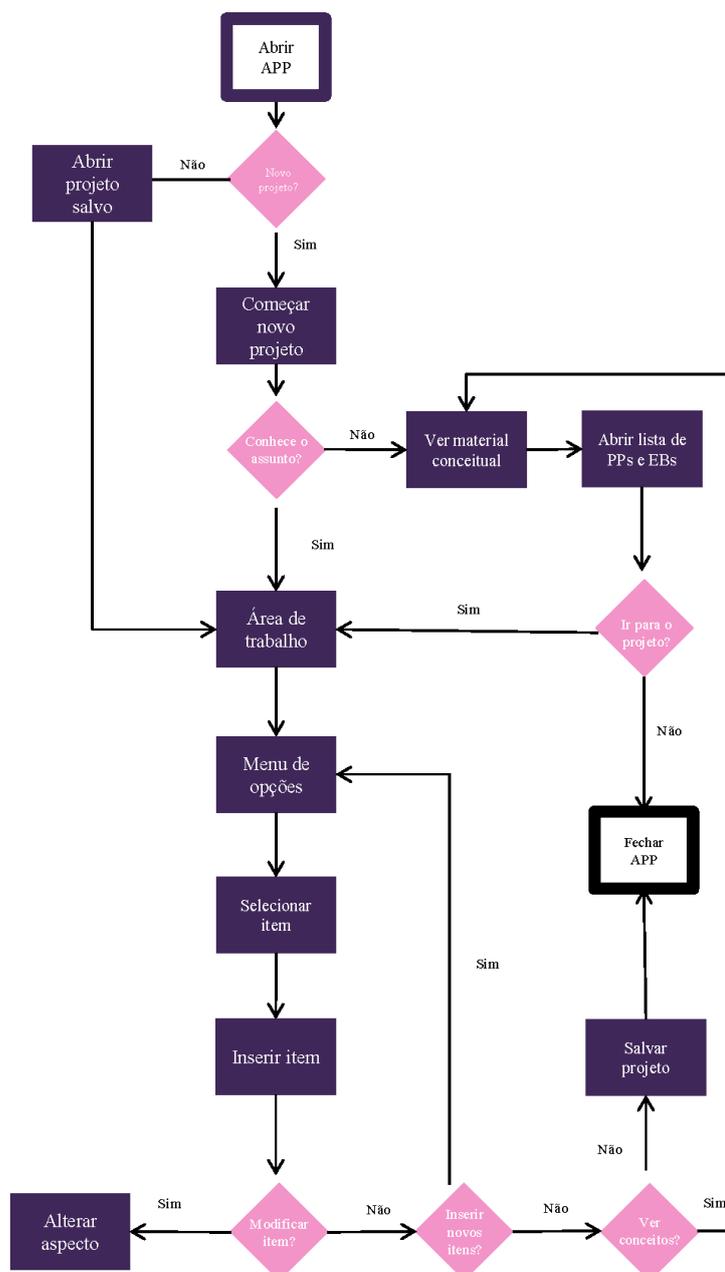
Fonte: A autora (2023)

Figura 38 – Representar a necessidade da ferramenta – Método de rede hierárquica – tradicional (superior) e por aplicação (inferior)



Fonte: A autora (2023)

Figura 39 – Representar a necessidade da ferramenta – Fluxograma de decisões



Fonte: A autora (2023)

Percebe-se que, de posse dos diagramas dessa seção e descrições geradas dos cinco métodos para representar a necessidade, tem-se também uma descrição de aspectos formais que devem ser considerados na ferramenta. É importante ter em mente o real contexto de uso, seus problemas, as distrações que podem existir para criar uma ferramenta que dê suporte a diferentes panoramas. Além disso, é preciso entender as etapas do próprio uso da ferramenta, compreendendo o nível de conhecimento dos usuários ao interagir com ele, seja pelo seu conhecimento prévio de softwares e aplicativos, pela falta dele ou de quaisquer outros aspectos

do contexto em que se inserem. Contudo, apenas com esses aspectos não é possível cobrir todas os aspectos da ferramenta em termos de seu desenho.

4.2.3.2 Design de interface

Os requisitos construtivos do design da interface foram desenvolvidos baseados em duas frentes. Uma delas é a de funcionalidade do programa e ela utiliza princípios para um projeto de interface e heurísticas de usabilidade (detalhados no tópico seguinte). Pensando no tipo de comunicação que a interface precisava mediar, a de encaminhar o usuário na correta utilização e máxima exploração dos elementos básicos, os requisitos visaram garantir o estabelecimento de uma conversa humano-aplicação baseada em direcionamento, captação, processamento e responsividade clara e instantânea. A segunda frente é estética e trata da identidade visual da ferramenta, pensada para ser consistente com o objeto da ferramenta e perfil dos usuários. O perfil estabelecido, juntamente com os demais pontos levantados na etapa de representação da necessidade, permitiu o melhor planejamento de dados também no quesito funcionalidade.

Os requisitos estéticos da identidade visual demandaram uma primeira etapa de estudo de soluções com características similares no que diz respeito ao público-alvo e área de aplicação (projeto de arquitetura ou design gráfico). Posteriormente, a elaboração de um painel semântico auxiliou a visibilidade da ideia. A definição de pilares ajudou na caracterização das impressões que se pretende passar com o design da ferramenta, os quais foram Diversão, Seriedade e Criatividade, o que indica tanto características lúdicas quanto profissionais e ligadas à uma área criativa. Tendo essa pesquisa completa, o próximo passo foi definir a estratégia de abordagem, utilizando cada pilar, mas mantendo em mente as demais informações sistematizadas. Analisou-se cores e aplicações de tipografia, até encontrar aquelas que melhor transmitissem as sensações pretendidas. O resultado é apresentado no **Quadro 6**.

Quadro 6 – Diretrizes estéticas para a identidade visual

<p>Tipografias</p>	<p>PiNOT GRiçio MODERN Montserrat</p>	<p>Fontes sem serifa representam modernidade e minimalismo e elas em negrito reiteram o moderno, mas com acréscimo de força. A associação com o texto em tipografia <i>light</i> traz leveza. Essa composição equilibra, assim, uma seriedade, mais pesada com algo mais divertido, mas mantendo a perspectiva da criatividade nessa junção.</p>
<p>Paleta de Cores</p>		<p>Os tons mais quentes de rosa, amarelo e laranja significam dinamismo o roxo e verde adicionam racionalidade. Os tons mais claros (todos, exceto o roxo) dão a ideia de informalidade e leveza, enquanto o tom mais escuro contrabalança com formalidade e autoridade.</p> <p>O roxo transmite reflexão e transformação. O verde é renovação e novidade. Com o laranja consegue-se a ideia de alegria. O amarelo é uma cor forte em sua comunicação, que traduz também diversão. E o rosa acrescenta uma perspectiva de satisfação e leveza.</p> <p>A variedade de cores se conecta ao pilar de diversão e criatividade. A seriedade é balanceada pelo uso de um tom mais escuro.</p>

O uso desse método de ideação também teve como finalidade a criação de uma logo para o projeto, de modo que sua apresentação ficasse completa. Sob o nome “Forme”, a logo da aplicação carrega uma dualidade bi e tridimensional. A **Figura 40** mostra sua aparência e aplicações finais em seus formatos horizontal, vertical e como ícone, em preto e nas cores da paleta principal.

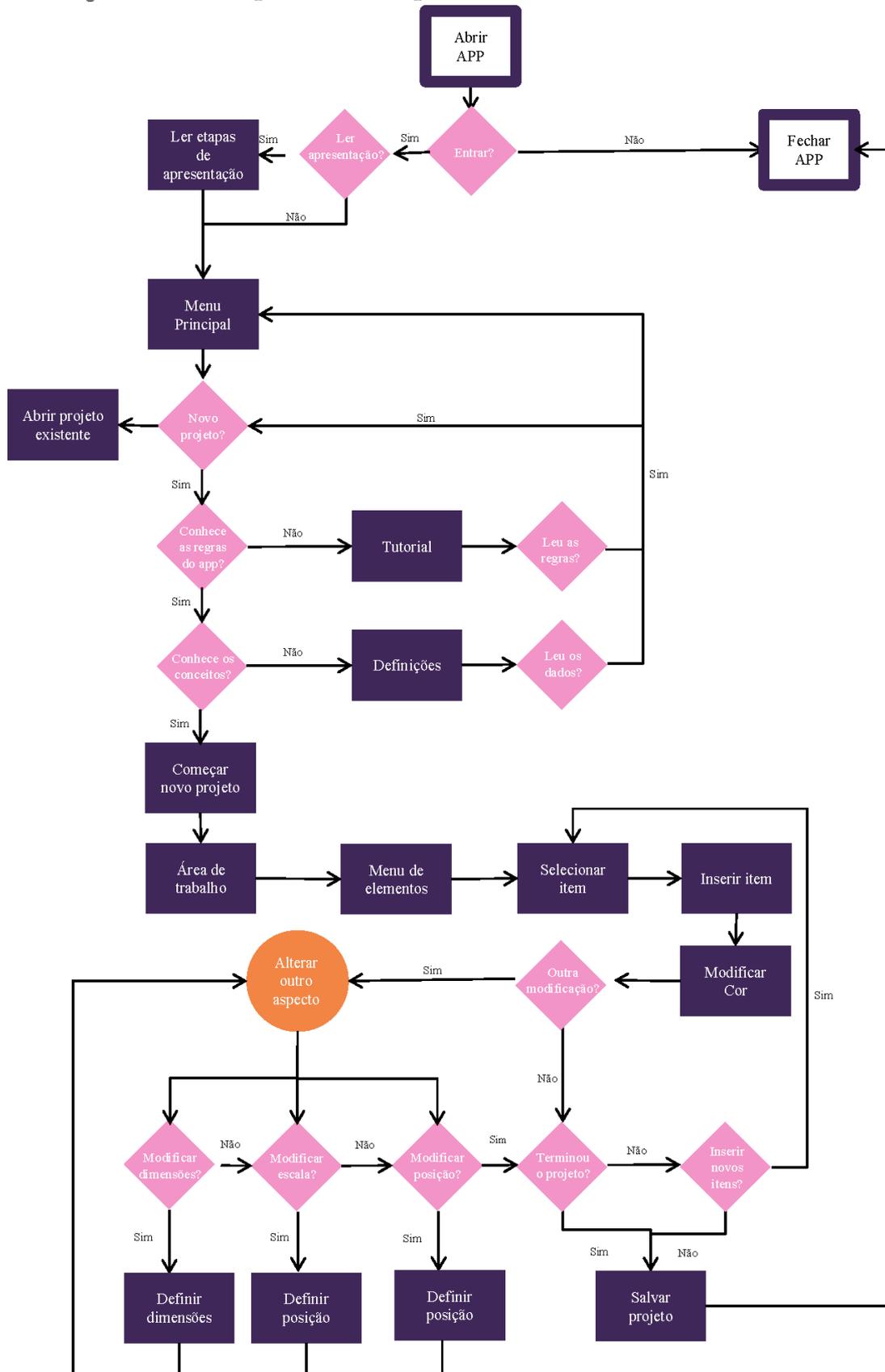
Figura 40 – Logo do Forme na horizontal, vertical e ícone, em monocromia e em cor



Fonte: A autora (2023)

Os requisitos funcionais seguidos de alternativas de interface tiveram por ponto de partida a combinação das propostas iniciais do passo-a-passo e fluxograma apresentados anteriormente na **Figura 37** e na **Figura 39**. A partir daí, apresenta-se uma atualização do fluxograma, aprofundando e focando em comandos e respostas do sistema imaginado, como mostra a **Figura 41**.

Figura 41 – Fluxograma de decisões – atualizado



Fonte: A autora (2023)

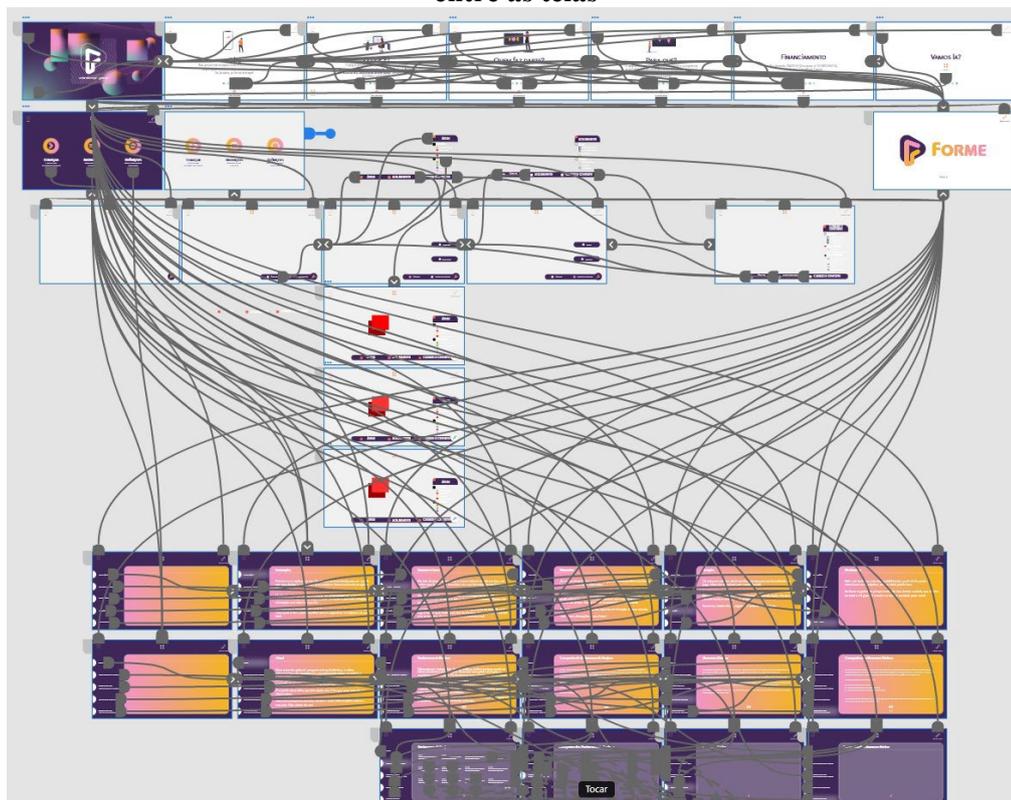
4.2.3.3 Alternativas de design e prototipagem

Citados brevemente na seção anterior, aqui apresenta-se uma visão mais aprofundada da reflexão sobre o design da ferramenta. Um total de quinze princípios de projeto essenciais para desenvolver essas interfaces existem. A saber: Descoberta, Simplicidade, *Affordance* (identificação de atributos intuitivamente), Mapeamento, Perceptibilidade, Consistência, Flexibilidade, Equidade, Facilidade, Conforto, Estrutura, Restrições, Tolerância, Retorno, Documentação. Além disso, em IHC também são incluídas dez heurísticas de usabilidade de interfaces (Heurísticas de Nielsen) que dizem respeito à 1) Visibilidade do Status do Sistema; 2) Compatibilidade entre o sistema e o mundo real; 3) Controle e liberdade para o usuário; 4) Consistência e Padronização; 5) Prevenção de erros; 6) Reconhecimento em vez de memorização; 7) Eficiência e flexibilidade de uso; 8) Estética e design minimalista; 9) Ajude os usuários a reconhecerem, diagnosticarem e recuperarem-se de erros; 10) Ajuda e documentação.

Contudo, apenas a listagem desses aspectos não permite cobrir todas as possibilidades da ferramenta em termos de seu desenho. Para tal atividade é necessário se debruçar sobre um segundo passo, “*Design Alternatives*” (o desenho de alternativas). Nesse momento, são feitos diversos esboços para gerar ideias para organizar ou distribuir as informações na interface, a partir das quais é possível selecionar aquelas que fazem mais sentido e dar início ao passo de “*Prototyping*” (prototipagem). Essa elaboração dos protótipos, por sua vez, inclui fases que se diferenciam pelo nível de fidelidade da representação, de modelos em *wireframe* (“estrutura de arames”, com traços simples) a mais fidedignos e realistas, e têm a intenção de estruturar também todas as transições e comandos.

Desenvolvido no Adobe XD, o protótipo fidedigno da interface da aplicação é apresentado na **Figura 42**. Nela se encontra uma visão global da área de trabalho de criação da interface apontando um exemplo de conexões entre páginas da aplicação (representadas por linhas direcionais). Posteriormente, tendo definidas as características da interface, a solução foi desenvolvida na mesma plataforma (Unity) onde são criadas as interações com os objetos relativos aos parâmetros de projeto.

Figura 42 – Protótipo fidedigno da interface com destaque às indicando as linhas de conexão entre as telas



Fonte: A autora (2023)

4.2.4 Modelagem e visualização

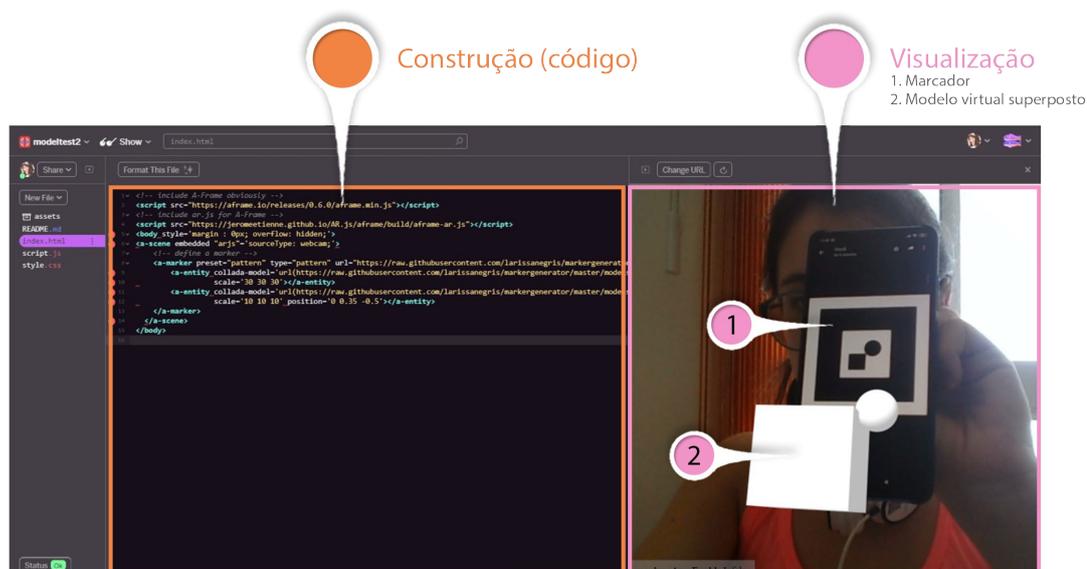
Saber sob quais termos os desenhos devem ser pensados, decidindo em qual meio ele se desenvolveria, demandou estudo e conhecimentos específicos. É um processo que se assemelha a pensar em linguagens dentro de linguagens que compõe a representação do modelo. A partir das definições gráficas apresentadas em seção anterior, encaminha-se para a compreensão da maneira de inclusão de tal linguagem, que também possui regras, em um ambiente virtual. E, além disso, em como incluí-la em visualização por RA. Nesse contexto, a aquisição de conhecimento técnico de desenvolvimento para RA foi fundamental para posterior criação do artefato.

Duas plataformas de desenvolvimento, selecionadas para estudos preliminares tanto para modelagem quanto para visualização (inicialmente na tela do computador), demandaram a realização de testes que tiveram como foco a familiarização com estes recursos. Essa ação visou compreender os tipos de informações exigidas por cada plataforma e o modo de inclusão dos dados. A escolha do equipamento recomendado para visualização RA nesse trabalho (*tablet*) deve-se aos seu tamanho de tela ser maior que a de *smartphones* (o que permite melhor

visualização e manuseio da interface), mantendo-se, porém, seu caráter acessível a um público amplo (diferentemente de equipamentos HMD) e móvel.

A **Figura 43** indica a primeira plataforma e se trata de uma *web-framework*, um recurso que permite a criação da ferramenta RA de forma *online*, o que significa evitar instalações de softwares ou aplicativos para o desenvolvimento e manuseio do produto quando pronto. A *web-framework* utilizada foi o A-Frame, associada ao Glitch e HTML. Ela é voltada para a criação de experiências em Realidade Virtual (RV) baseada em HTML. Contudo, é possível associar a biblioteca do A-Frame com outra de RA (ar.js em Java script) especificamente para uso *online*. O uso do Glitch como ambiente de programação pode ser substituído por outro editor de códigos *online*, ou por um software com esta mesma função. Estes viabilizam os testes de visualização instantânea, na medida em que o código é escrito.

Figura 43 - Ferramenta para desenvolvimento de RA – A-Frame/Glitch

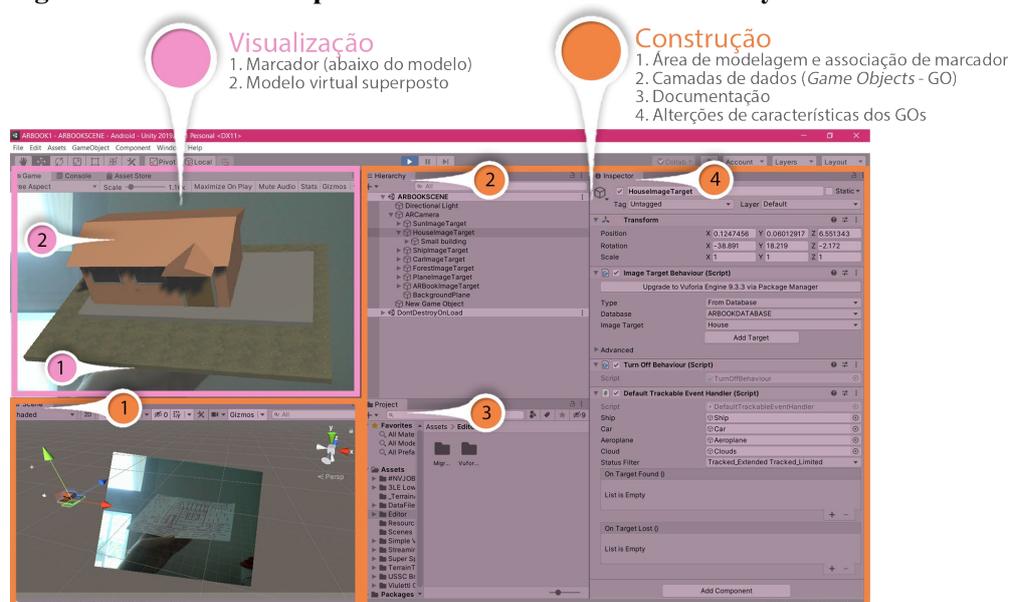


Fonte: A autora (2023)

Contudo, a associação de softwares de modelagem 3D, em especial *game engines*, para a construção dos modelos e interação com eles, permite expandir as possibilidades de implementação, uma vez que possuem bibliotecas que auxiliam mais diretamente no desenvolvimento dos elementos (dados) da aplicação (**Figura 44**). A Unity Engine, escolhida para essa pesquisa, é uma plataforma que pode ser utilizada também para desenvolvimento de RA com suporte para celulares, *tablets* e HMDs. A documentação da *Application Programming Interface* (API) inclui C# APIs para Unity, C++ APIs para iOS e UWP e Java APIs para Android. A visualização em RA ocorre através da utilização do *Vuforia Software Development Kit* (SDK), que é justamente um kit que permite a programação de RA para aplicativos voltados

a dispositivos móveis. Para testar a aplicação é possível construir e instalar, por exemplo, um APK (*Android Application Package*), no caso de sistemas operacionais móveis Android, o qual é um arquivo ou pacote de aplicação que pode ser descompactado e instalado no dispositivo escolhido (uma comparação são os arquivos em formato “.exe”). Por fim, a Unity permite trabalhar com o *asset* (uma espécie de *plug-in*) Bolt para criar scripts visuais (programação visual).

Figura 44 - Ferramenta para desenvolvimento de RA – Unity/Vuforia



Fonte: A autora (2023)

Com um maior aprofundamento no uso da Unity/Vuforia, foi possível identificar possibilidades de se trabalhar com diferentes tipos de reconhecimento de ambiente para geração dos modelos em RA. Ressalta-se antes que, dentro das características da RA, para que os elementos virtuais sejam superpostos no mundo real é fundamental que alguma característica deste ambiente real seja identificada como referencial para o posicionamento dos elementos gráficos gerados por computador. Estes marcadores, ou *targets* (alvos), podem variar e testes foram feitos com a criação de aplicativos mais simples, em termos de funcionalidade, que utilizassem uma ou mais imagens como marcadores (identificadas individualmente), múltiplas imagens como marcador (identificadas simultaneamente), marcadores em formato cilíndrico e cuboides e até mesmo aplicativos sem marcadores, a detecção de um plano qualquer, ou a permissão para o usuário escolher qualquer elemento físico como marcador (que funcionaria como a base, ou origem, da visualização digital). Além disso, foi possível ter contato com a criação de uma interface do usuário, ou *user interface* – UI, a adição de interações com

marcadores ao serem adicionados botões virtuais, a inclusão de arquivos de vídeo e áudio. Por fim, também se testou a superimposição de modelos virtuais em objetos físicos, reais.

Todos esses parâmetros estudados serviram para abrir o leque de possibilidades do sistema. Definir quais tipos de interação seriam aplicadas no artefato dessa pesquisa dependeu desse processo, mas explicá-los individualmente não faz parte do escopo do estudo. A intenção é aprofundar a apresentação e discussão daquilo que foi implementado de fato e, por isso, estes serão os conceitos elucidados a seguir.

4.2.4.1 Elementos básicos aplicados: a implementação do sistema

A implementação funcional do sistema só é possível após passar pelos requisitos de mesma natureza, o que inclui a customização apontado no Diagrama UML feito especificamente para o artefato dessa pesquisa. Esse conjunto de informações permitem a apreensão da estruturação dos dados, através das definições de classes, seus atributos, suas relações e associações. A partir desse ponto, esse tópico engloba questões técnicas e práticas realizadas para a composição do artefato, o que permite dar continuidade na (e finalizar a) apresentação sobre os elementos que compõem o artefato e a lógica por trás de sua composição.

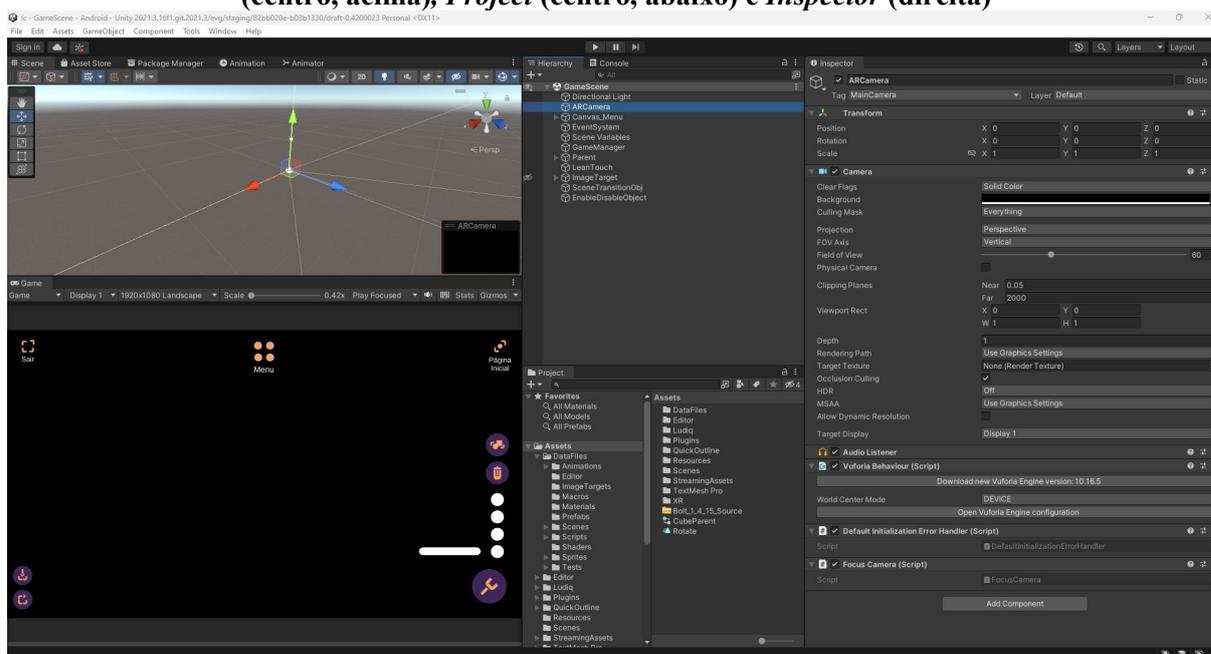
Mais do que a modelagem de objetos tridimensionais, essa pesquisa trabalhou com a combinação de modelos e a forma como eles são criados, reconhecidos e manuseados dentro de uma nova proposta de um sistema representativo. Contudo, a tarefa de implementação e o modo como foi desenvolvido são parte inerente da linguagem construída para o artefato e, por consequência, do método proposto. Isso significa descrever seu funcionamento como atualização de métodos tradicionais para abordagem do programa arquitetônico. Ao 1) apresentar classes utilizadas; 2) justificar a correspondência das classes e seus atributos com os elementos básicos e parâmetros de projeto; 3) especificar decisões para geração de análises no artefato criado e métodos de programação arquitetônica, é possível entender a maneira que todos os pontos apontados nessa seção (4 DESENVOLVIMENTO PROJETUAL) se conectam.

A aplicação desenvolvida permite ao usuário realizar uma série de ações com as formas geométricas, explicitadas a seguir. Essas interações, por sua vez, podem ser divididas em dois grupos de naturezas distintas: 1) interações com formas individuais (usuário-forma) e 2) interações entre formas (forma-forma). Deve-se lembrar que todas as funcionalidades foram criadas baseadas nas regras estabelecidas e apresentadas nos tópicos 4.2.1 Requisitos gerais, 4.2.2 Requisitos funcionais: o sistema e 4.2.3 Requisitos não-funcionais: a interface, entendendo a relação entre elementos básicos para formar os parâmetros de projeto da

arquitetura escolar especificada na seção 4.1.1.2 Do bidimensional ao tridimensional e a mudança de linguagem.

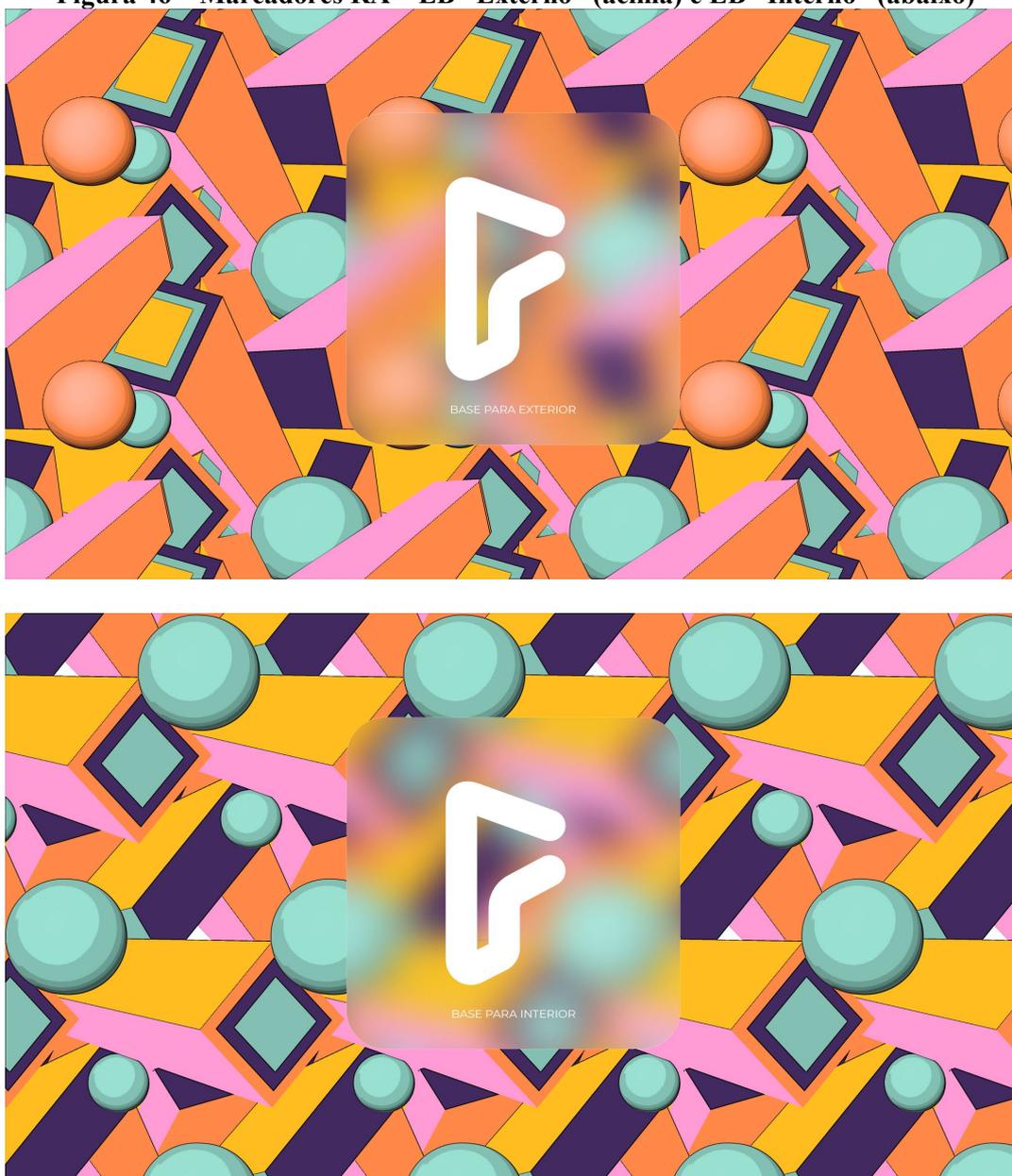
Lembrando os grupos de elementos básicos em suas categorias “áreas”, “agrupamento” e “cuidado e conforto”, indica-se que estes foram incluídos em Unity de acordo com suas características de representação e composição. Nesse tópico, será mostrada a transposição direta entre o que foi apresentado sobre as regras dos EBs 3D para sua versão digital, no software indicado, bem como sua associação com a RA e o uso de marcadores. A **Figura 45** contém a interface da *game engine* utilizada, destacando a partição da tela. Ali, na janela *Game*, a câmera de RA não foi ativada, mantendo a visualização virtual. Os marcadores RA utilizados, correspondente aos planos do EBs “externo” e “interno”, detectados simultaneamente, podem ser vistos na **Figura 46**.

Figura 45 – Interface Unity - *Scene* (esquerda, acima), *Game* (esquerda, abaixo), *Hierarchy* (centro, acima), *Project* (centro, abaixo) e *Inspector* (direita)



Fonte: A autora (2023)

Figura 46 – Marcadores RA – EB “Externo” (acima) e EB “Interno” (abaixo)



Fonte: A autora (2023)

Para a criação dos EBs, ou, notadamente, das geometrias que os representam, foi necessário trabalhar com uma categoria da Unity chamada Pré-fabricados (*Prefabs*). Nesse momento, a divisão de elementos se deu apenas considerando as formas tridimensionais “cubo” e “esfera”, não havendo, ainda, customização de acordo com cada categoria ou subcategorias. Esses itens gráficos serão editados com relação a cores e textura apenas no momento que forem aplicados na área de trabalho e as características de edição são controladas por código C#.

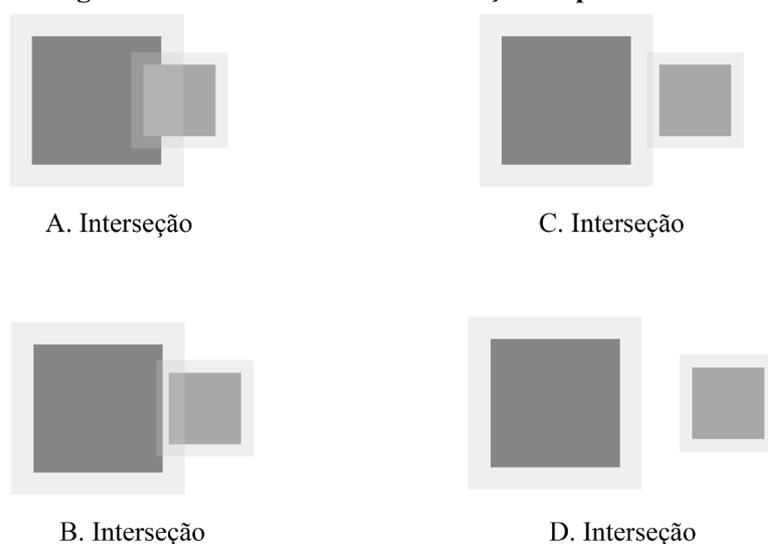
Enquanto existe um sistema por trás da aplicação, o qual contém, como visto anteriormente na seção de 4.2.2.1 Diagramas UML e a estrutura da aplicação, grupos de gerenciadores de ações, o usuário interage apenas com a interface criada (vislumbrada na área

Game da **Figura 45**). Ao selecionar, por meio de um botão, a categoria desejada para incluir na cena, o elemento correspondente é instantaneamente instanciado. Por exemplo, ao selecionar o EB “áreas sociais” da subcategoria “abertas” da categoria “área”, um cubo opaco rosa (descrição correspondente a categoria-subcategoria-EB) aparecerá na tela. De outra maneira, ao selecionar o EB “exibição” da subcategoria “passivo” e categoria “agrupamento”, uma esfera transparente roxa será alocada na cena. As operações de interação foram desenvolvidas para garantir o máximo de possibilidades interativas, dentro das regras estabelecidas para manusear os EB. Assim, foram incluídas funções de alterar dimensões e escala, movimentar nos eixos x, y e z, rotacionar, excluir, selecionar múltiplos elementos simultaneamente.

A categoria “cuidado e conforto” foi avaliada pelo distanciamento entre os elementos básicos de “áreas” na cena. As interações são estabelecidas com base neste campo, existindo quatro possibilidades (**Figura 47**):

- A. Intersecção
Há uma colisão entre os dois corpos base.
- B. Parcial (face-a-face)
Há uma interseção entre um campo de detecção com um corpo base.
- C. Tensão (próximos, mas não se tocam)
Há interseção apenas entre os campos de detecção.
- D. Nenhuma (mais distantes)
Não há qualquer contato entre os campos de detecção.

Figura 47 – Possibilidades de detecção de proximidade



Fonte: A autora (2023)

Funcionalmente, essas conexões são representadas por uma matriz de adjacência (**Figura 48**). Nesta matriz, acessível apenas pelo desenvolvedor, e não pelo usuário do artefato, é possível ter acesso aos tipos de conexão criadas. Como o tipo de conexão é simétrica, a matriz também é.

Figura 48 – Matriz de adjacência ou de relacionamento – Interface Unity

Adjacency Matrix		0	1	2	3	4	5	6	7
Formas	0	None	Intersecti	None	None	None	None	None	None
	1	Intersecti	None	None	None	None	None	None	None
	2	None	None	None	Parcial	None	None	None	None
	3	None	None	Parcial	None	None	None	None	None
	4	None	None	None	None	None	Volume	None	None
	5	None	None	None	None	Volume	None	None	None
	6	None	None	None	None	None	None	None	None
	7	None	None	None	None	None	None	None	None

Fonte: A autora (2023)

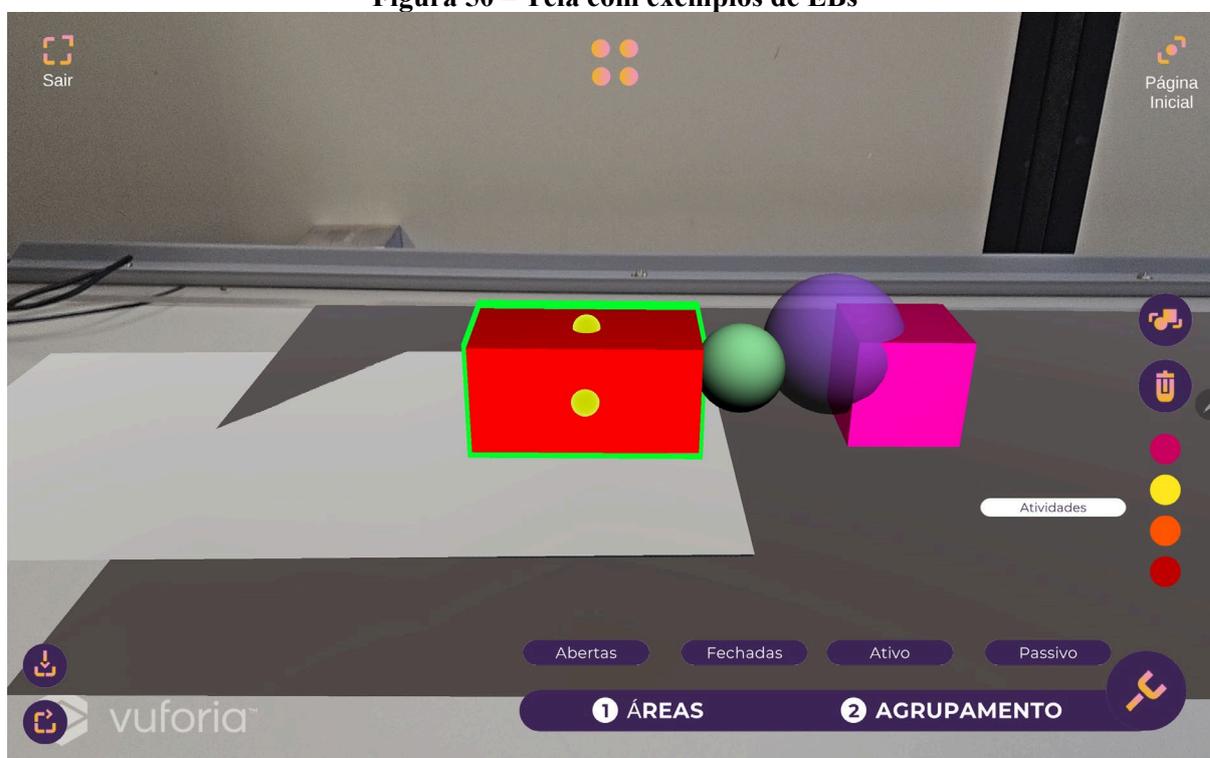
Após compilação e instalação do aplicativo em equipamento, é possível observar como se constitui a organização dos materiais de trabalho. O *tablet* deve ser posicionado de forma que sua câmera traseira rastreie os marcadores, os quais, por sua vez, serão superpostos pelos planos correspondentes aos EBs, vistos em tela (**Figura 49**). Por fim, a **Figura 50** indica um exemplo simplificado da inclusão de EBs. Detalhes técnicos da utilização desses objetos no desenvolvimento do artefato foram incluídos no APÊNDICE A.

Figura 49 – Modelo de organização das ferramentas – Tablet e marcadores RA em visão lateral (à esquerda) e visão frontal (à direita)



Fonte: A autora (2023)

Figura 50 – Tela com exemplos de EBs



Fonte: A autora (2023)

5 SIMULAÇÃO

Durante o desenvolvimento da aplicação, realizaram-se testes de verificação e validação a cada implementação de funcionalidade (requisitos funcionais) ou de aparência (requisitos não-funcionais). Ao término, uma avaliação geral com usuários foi realizada e será apresentada no capítulo seguinte (6 AVALIAÇÃO). Antes, porém, destacam-se detalhes sobre o processo construtivo. Foi importante expandir a aplicação do artefato, modificando programas e abordagens de implementação, mas mantendo a instância fundamental desse estudo, o conceito dos PPs e o trabalho com elementos (EBs) e suas linguagem gráfica e compositiva.

Diferentes aplicações, ainda que em estado mais primitivo quando comparadas ao artefato gerado nessa pesquisa, permitiram encontrar lacunas na ferramenta e promover melhorias tanto nos seus requisitos funcionais quanto naqueles não-funcionais, refinando as soluções do produto. Também nesse processo foi possível avaliar e definir o dispositivo principal para uso da aplicação. Se inicialmente pretendia-se utilizar sobretudo *Head Mounted Displays* (HMD), com preferência por manter as mãos livres, finalmente definiu-se que a ferramenta mais indicada seriam *tablets* e, como segunda opção, *smartphones*, por serem mais acessíveis financeiramente e habituais, mas também pela nitidez de imagem em suas telas, características que suplantaram aquelas dos HMDs.

Esse capítulo apresenta, em sequência, duas abordagens. A primeira, implementada durante a realização de uma Bolsa de Estágio de Pesquisa no Exterior¹⁰ (BEPE), complementar à bolsa no país financiada pela mesma agência. A segunda, adaptada em uma aplicação prática para elaboração de projeto escolar submetido para concurso internacional de arquitetura, ainda considerando a instância conceitual do artefato. Por último, simula-se um passo a passo de uso, cujo protótipo foi finalizado após a realização de ambas as experiências descritas.

5.1 Teste de conceito

Ainda que a linguagem gráfica do artefato se associe intrinsecamente a esse produto, existem regras universais passíveis de serem dissociadas e compreendidas separadamente. Afinal, a instanciação desse artefato é fruto de concretização e operacionalização de um conceito com regras de desenho e composição, associados a métodos que guiam a execução de uma tarefa. Assim, o agrupamento de tais regras permitem a extrapolação de sua aplicação, adaptando-as a outros contextos e ferramentas.

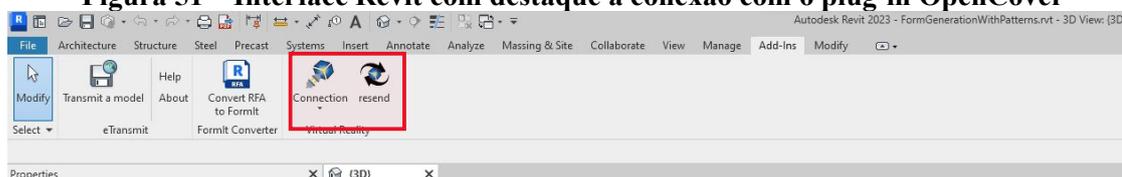
¹⁰ Processo nº 2020/03775-7), modalidade de bolsa internacional da Fundação Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

5.1.1 Expansão da ideia

O Departamento de Visualização (VIS), onde foi realizada pesquisa complementar a este estudo e testada diferente implementação do artefato, faz parte do Centro de Computação de Alta-Performance (*High-Performance Computing Center Stuttgart - HLRS*), Universidade de Stuttgart, Alemanha. A ferramenta construída ali foi uma segunda abordagem às etapas iniciais do projeto de arquitetura, nos mesmos moldes conceituais da pesquisa principal e ainda utilizando RA como meio de visualização. Diferentemente da pesquisa originária que propõe um artefato digital, onde as principais interações com elementos virtuais se dão pela mediação de uma tela, essa nova abordagem se concentrou em outros aspectos, incluindo interações com objetos físicos e aplicação de outros softwares para desenvolvimento. Nessa abordagem, outros aspectos de meios de representação e manipulação dos PPs e EBs foram estudados e aplicados, o que significou a orientação para uso de novo método e diferente possibilidade para direcionamento do artefato. Ressalta-se, porém, que a ferramenta foi criada mais como uma proposta conceitual, expandindo possibilidades, mas testes com usuários não foram incluídos.

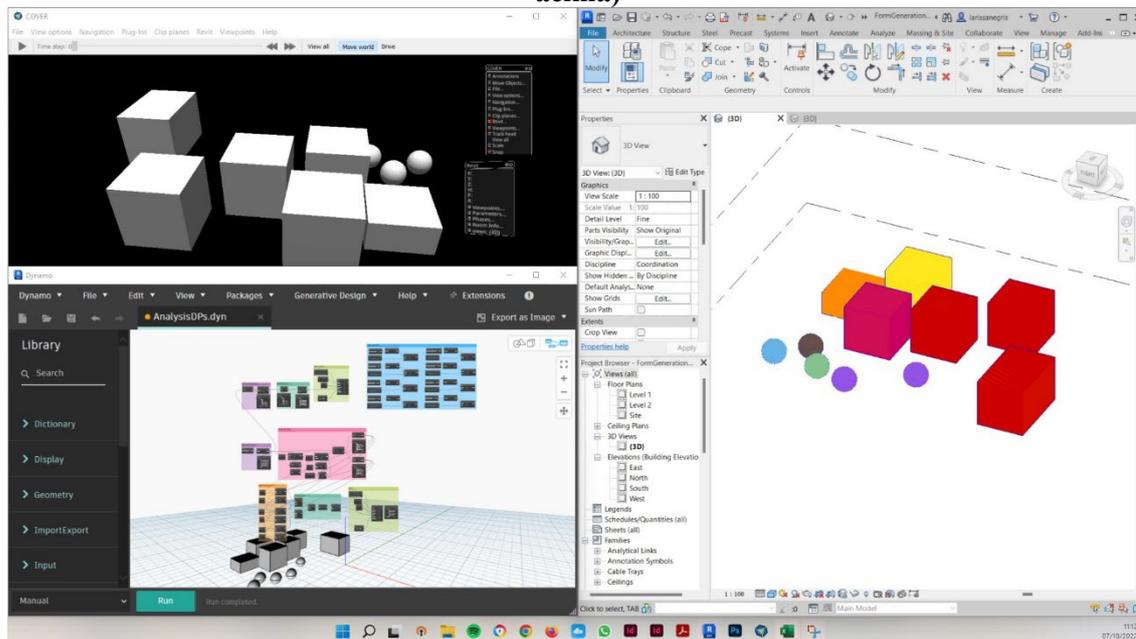
O desenvolvimento da aplicação proposta com essa segunda abordagem foi feito utilizando o Revit associado ao *plug-in* Dynamo para adicionar interações e permitir análise de dados. Para a visualização, o *plug-in* OpenCOVER foi utilizado na função RA (**Figura 51**). Na **Figura 52** são incluídas as interfaces do software Revit e dos *plug-ins* utilizados, mas nota-se que a RA ainda não fora ativada, uma vez que os testes de verificação estavam sendo realizados inicialmente apenas em sua versão digital na tela do computador. Marcadores 3D para interação com objetos reais e sobreposição de objetos virtuais, em RA, foram construídos e ainda serão exibidos.

Figura 51 – Interface Revit com destaque à conexão com o plug-in OpenCover



Fonte: A autora (2023)

Figura 52 – Interface Revit (direita), Dynamo (esquerda, abaixo) e OpenCOVER (direita, acima)



Fonte: A autora (2023)

5.1.1.1 Software

No Revit, as geometrias foram criadas como Tipos de Família (*Family Types*), no qual cada família se baseou em uma categoria de representação dos elementos básicos. As quatro famílias principais compartilham parâmetros como cor, material e acabamento. Cada família possui diferentes Tipos (*Types*), com diferentes Nomes de Tipo (*Name Types*), o que alterou também o parâmetro Espaço (*Space*). Quando um Tipo é alocado na área de trabalho do Revit, Instâncias (*Instances*) são criadas, que podem ter seus parâmetros de dimensões e *MarkerID* modificados. A hierarquia de parâmetros no sentido Família-Tipo-Instância é destacada, em cores vermelha, amarela e azul respectivamente, na **Figura 53** e na **Figura 54**.

Figura 53 – Interface da área de edição dos Tipos de Família com destaque ao Tipo, Família, Dimensões e conexão com marcador

Family Types

Type name: Social

Search parameters

Parameter	Value	Formula	Lock
Constraints			
Default Elevation	0,0	=	<input type="checkbox"/>
Text			
Space	Social	=	
Materials and Finishes			
Color	Open-Social	=	
Dimensions			
coVRWidth (default)	2000,0	=	<input type="checkbox"/>
coVRLenght (default)	2000,0	=	<input type="checkbox"/>
coVRHight (default)	2000,0	=	<input type="checkbox"/>
IFC Parameters			
Type IFC Predefined Type		=	
Export Type to IFC As		=	
Other			
MarketID	7	=	<input checked="" type="checkbox"/>
MarketType	Revit_	=	
Identity Data			

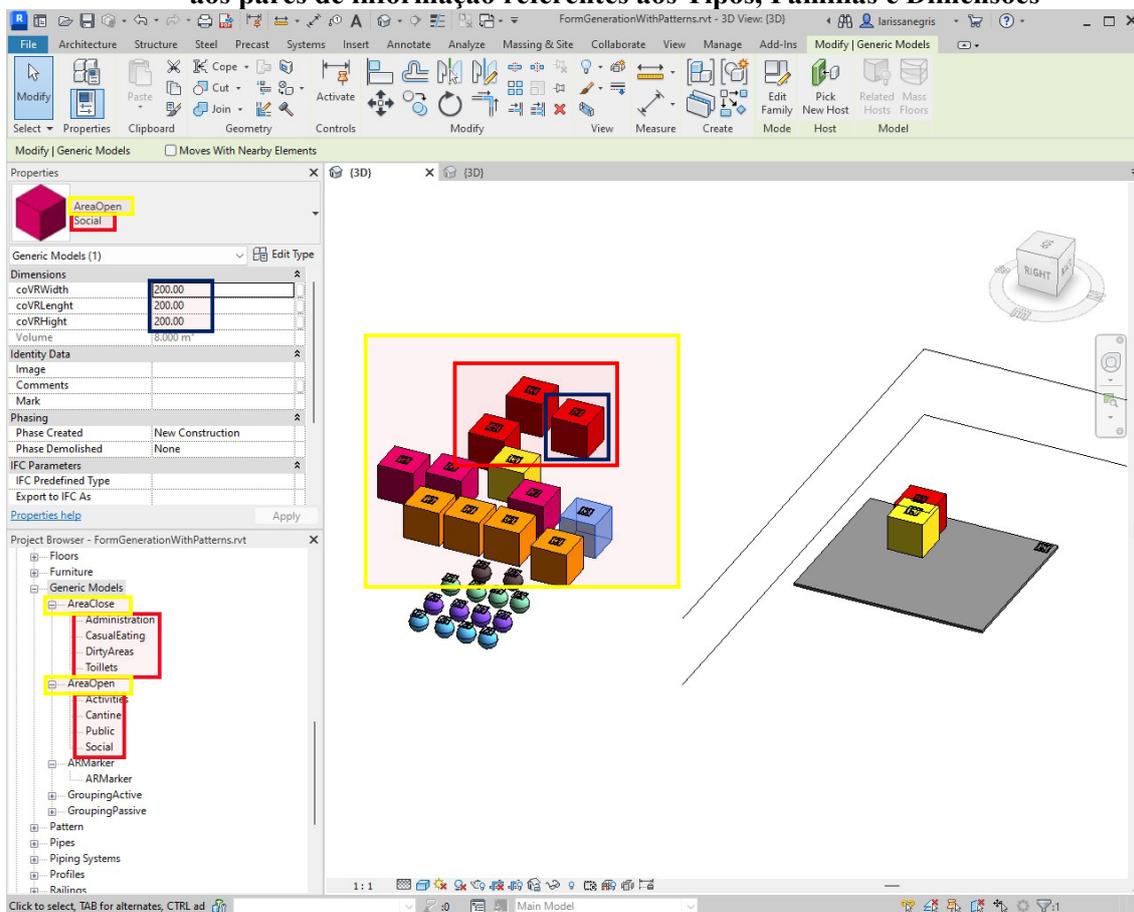
Manage Lookup Tables

OK Cancel Apply

[How do I manage family types?](#)

Fonte: A autora (2023)

Figura 54 – Distribuição de Família-Tipo-Instância na área de trabalho do Revit com destaque aos pares de informação referentes aos Tipos, Famílias e Dimensões



Fonte: A autora (2023)

Ao utilizar o Dynamo, foi possível customizar análises conectadas aos modelos da área de trabalho do Revit. Nesse estudo complementar, uma vez que os elementos digitais eram posicionados na cena do Revit, um código do Dynamo era atualizado e reconhecia-os. A partir daí, três tipos de análises foram gerados; a primeira coletou informações de cada instância e gerou uma tabela listando parâmetros do nome da família e tipo, área de projeção e volume. Cada linha dessa tabela representa um parâmetro e cada coluna corresponde a uma Instância na cena (**Figura 55**).

Figura 55 – Informações das instâncias destacando dados em linha (parâmetros) e coluna (instâncias)

ELEMENT	Administration	CasualEating	DirtyAreas	Toilets	Activities	Cantine	Public	Social	Activities	Toilets	Activities
GROUP	AreaClose	AreaClose	AreaClose	AreaClose	AreaOpen	AreaOpen	AreaOpen	AreaOpen	AreaOpen	AreaClose	AreaOpen
VOLUME	0.90 m ³	0.52 m ³	0.52 m ³	0.11 m ³	16.00 m ³	4.00 m ³	4.00 m ³	4.00 m ³	8.00 m ³	0.11 m ³	8.00 m ³
AREA	2 m ²	2 m ²	2 m ²	1 m ²	20 m ²	8 m ²	8 m ²	8 m ²	12 m ²	1 m ²	12 m ²

Fonte: A autora (2023)

A segunda análise se concentra nas relações espaciais entre os elementos. A partir de um referencial em um elemento selecionado (ponto 0, ou origem), as distâncias dos demais elementos com relação a este são calculadas, gerando uma espécie de Matriz de Relacionamentos (**Figura 56**). Ajustes podem ser feitos na tabela para aprimorar sua legibilidade.

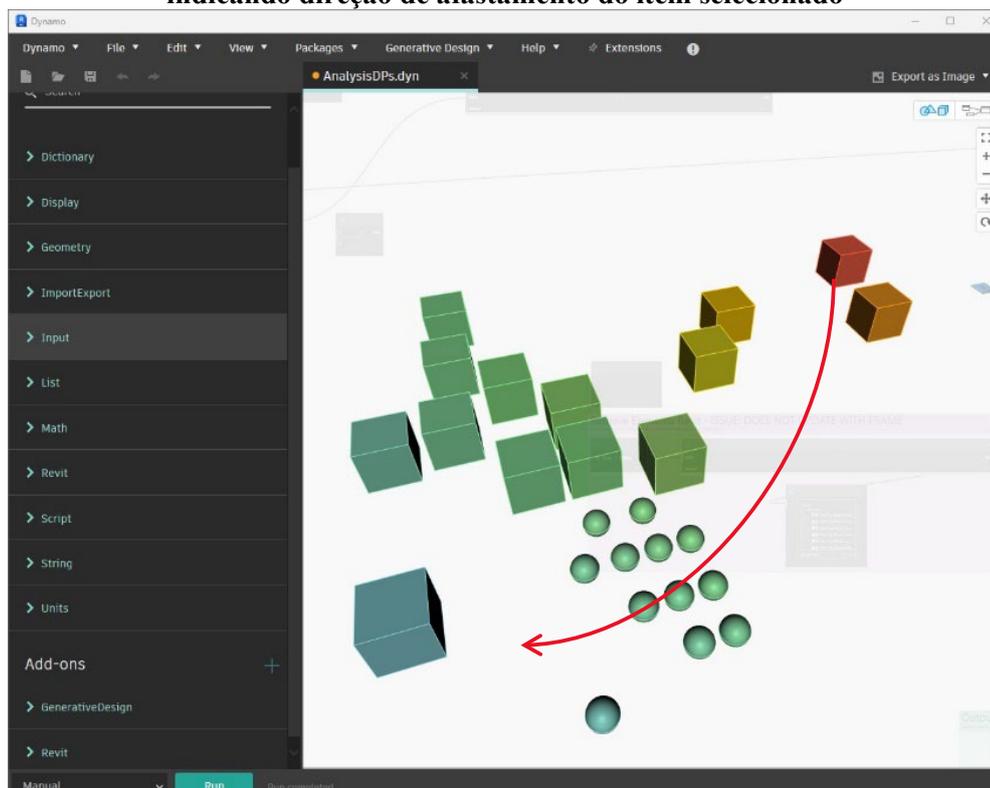
Figura 56 – Matriz de Relacionamentos e distância entre elementos (diagonal indica simetria)

AREAS	Administration	CasualEating	DirtyAreas	Toilets	Activities	Cantine	Public	Social	Activities	Toilets	Activities
Administration	0	0	1,649301315	3,455669245	3,528044868	4,101721689	2,297113244	0,9	1,671664095	2,438811195	4,399786027
CasualEating	0	0	2,144831865	3,895742102	3,854708597	4,626601135	2,017009088	1,320189077	2,161426365	2,968399765	4,68850584
DirtyAreas	1,749301315	2,144831865	0	1,440102908	2,14562023	2,115265318	4,187026947	0,618416553	1,301446836	1,377492078	3,09136624
Toilets	3,755669245	4,095742102	1,640102908	0	1,398419669	1,975592352	5,707445795	2,394388001	3,146839077	2,914506203	2,056566778
Activities	1,776637971	2,050971502	0,449302534	0,090148934	0	1,652612299	3,613086598	0,478552944	1,94763067	2,04763067	0
Cantine	3,566857436	4,003202894	1,566857436	0,810355131	2,165232851	0	6,143173652	2,566857436	1,649893452	0,81384842	2,940295766
Public	1,619021518	1,1983285	3,576316215	4,823029381	4,139063599	6,143173652	0	2,576316215	3,658739981	4,656909577	4,727594451
Social	0	0,436345458	0	1,253395538	1,478552944	2,566857436	2,576316215	0	0,469077726	1,137617304	2,478552944
Activities	0,985050087	1,421395544	0,498328136	2,115163828	2,94763067	1,649893452	3,577415057	0,469077726	0	0	3,94763067
Toilets	2,738811195	3,168399765	1,577492078	2,914506203	3,987576709	1,983444635	5,530782038	2,279230264	1,117744688	0	4,942001085
Activities	3,615335981	3,757751439	2,449302534	0,839244603	0	2,940295766	4,414861083	2,478552944	3,94763067	4,04763067	0

Fonte: A autora (2023)

A terceira análise permite a visualização dos dados da matriz de uma forma tridimensional, através da alteração de cores dos elementos na tela. Para tanto, há a sobreposição de informações visuais. Inicialmente, o significado de cada elemento é indicado por cores (a depender do seu Tipo) e formato (a depender de sua Família). Alternativamente, as informações de distância podem ser ativadas no formato de um mapa de calor. A **Figura 57** ilustra essa proposta. Sua leitura indica que que o elemento selecionado como origem se torna vermelho e um degradê entre vermelho e azul é ativado à medida em que as demais instâncias se afastam daquela selecionada.

Figura 57 – Mapa de calor para visualização de Matriz de Relacionamento em 3D com seta indicando direção de afastamento do item selecionado



Fonte: A autora (2023)

5.1.1.2 Hardware

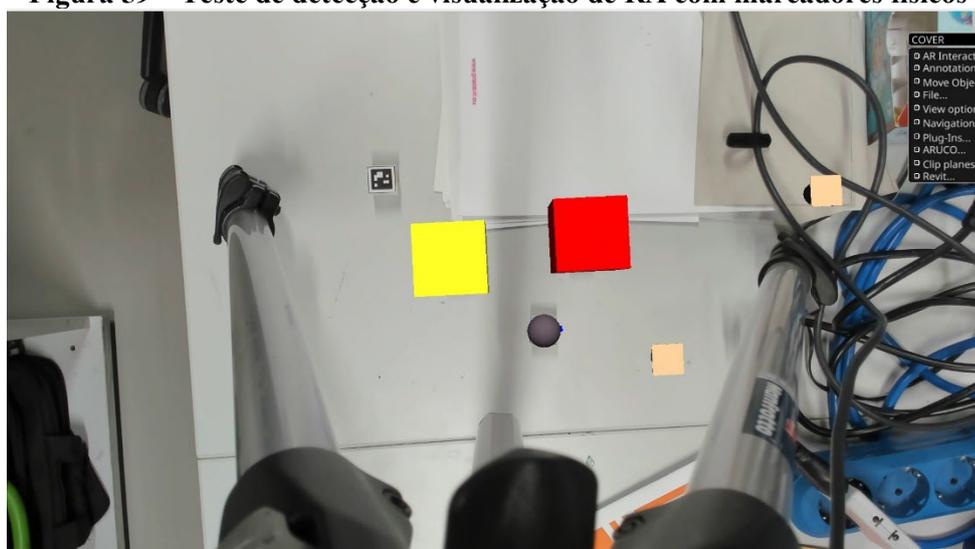
Para a visualização em RA, instalações específicas foram necessárias. Uma *webcam* fixa em um tripé, como mostrada na **Figura 58**, rastreou marcadores de RA para superposição de elementos virtuais. As imagens em RA foram geradas na interface do OpenCOVER, *plug-in* conectado à câmera instalada, e foi exemplificada na **Figura 59**. Os marcadores utilizados foram impressos em 3D e associados a imagens do tipo fiduciais em seu topo; os grupos têm cores e formatos se conectavam diretamente às Famílias e Tipos no Revit e, por consequência, aos EBs (**Figura 60**).

Figura 58 – Instalação com webcam para rastrear RA



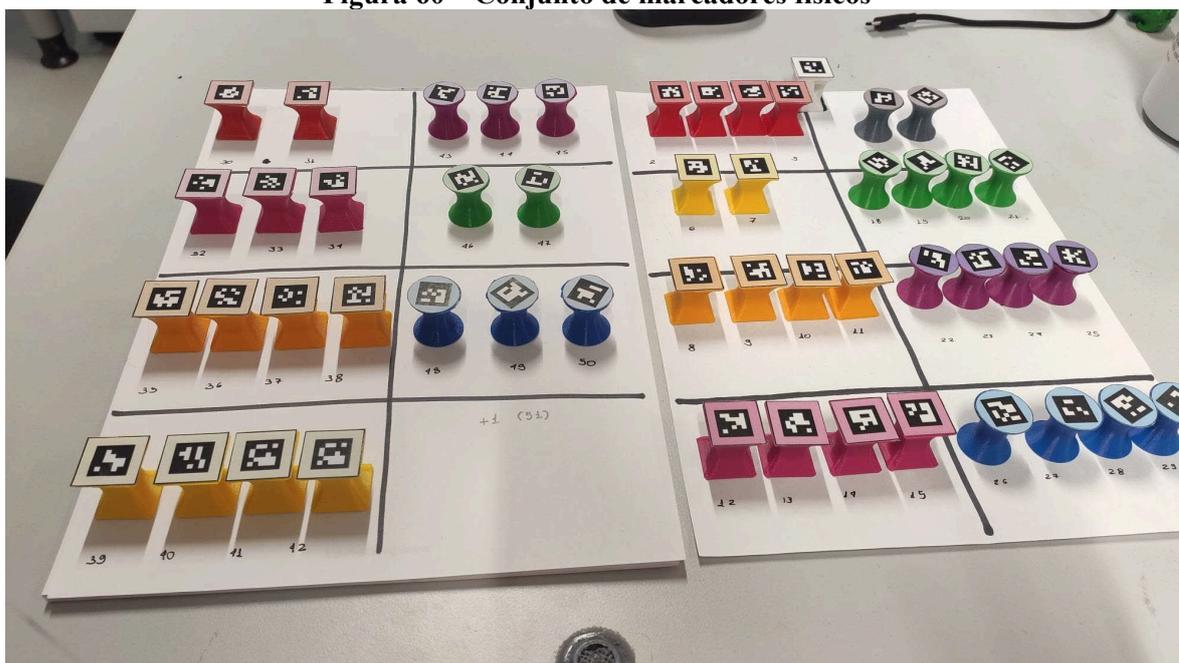
Fonte: A autora (2023)

Figura 59 – Teste de detecção e visualização de RA com marcadores físicos



Fonte: A autora (2023)

Figura 60 – Conjunto de marcadores físicos



Fonte: A autora (2023)

5.1.2 Aplicação em projeto

Uma segunda proposta complementar foi feita ao aplicar as orientações conceituais da ferramenta desse estudo em uma atividade prática para propor um projeto de escola primária, como objetivo do concurso internacional de arquitetura Kaira Loro 2023. A proposta não esteve concentrada em usar a aplicação em seu estado finalizado, mas de testar a ideia do uso de EBs, com suas categorias, formas e significados em fases iniciais do projeto de arquitetura. A validação da proposta também se deu ao testar a apresentação dos conceitos e uso da ferramenta.

O processo de projeto em sua etapa de conceito e programa de necessidades evoluiu utilizando tanto as configurações em Revit criadas na primeira proposta complementar (seção Expansão da ideia) quanto sua variação simplificada utilizando o Tinkercad; o programa é utilizado para modelagem 3D de forma *online* e gratuita e possui uma interface mais simples que aquela do Revit. A versão simplificada foi pensada uma vez que possibilitava maior concentração no aprendizado nos EBs e seus significados e menos na interface de trabalho. Da mesma forma que a primeira abordagem complementar, essa também foi uma proposta que testou conceitualmente o método de trabalho desenvolvido nessa pesquisa.

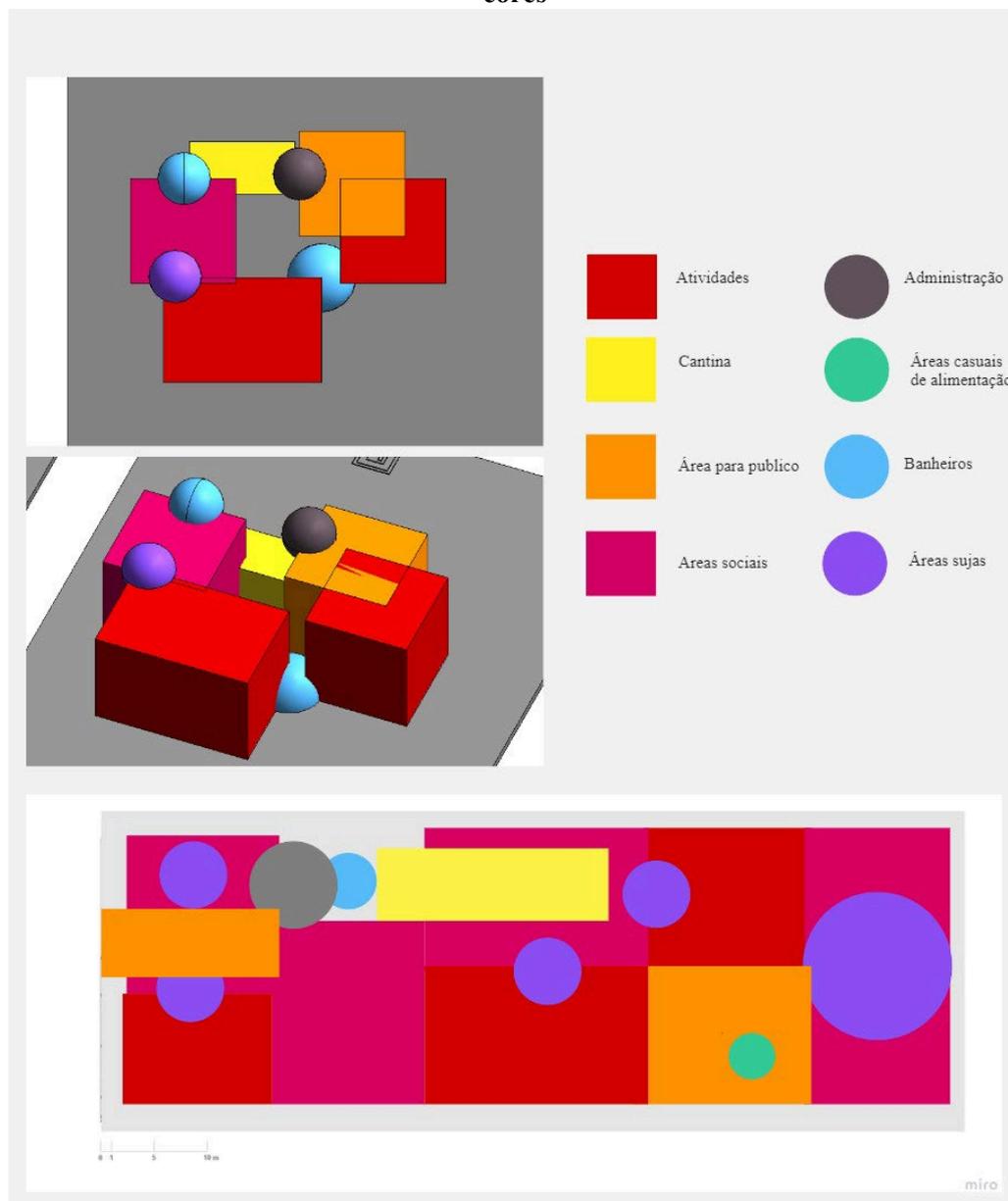
5.1.2.1 Preparo do material

Associado a outras tarefas de projeto realizadas durante etapas iniciais (pesquisa de referenciais, levantamento do contexto de implantação, definição de público, entre outras), a

proposta teve início. Para gerir uma lista de passos e ações envolvendo pesquisa e geração de ideias, a ferramenta *online* Miro foi extensivamente utilizada. Uma vez que o projeto foi realizado em parceria¹¹, foi necessário apresentar inicialmente o que eram e de onde vinham os elementos básicos, apontando sua representação em 2D e subsequente 3D. Para testar a compreensão do conceito, utilizou-se a princípio apenas os EBs da categoria áreas (cubos e esferas opacos). Primeiro foi criado um exemplo simples de aplicação alocando lateralmente uma legenda e explicando sua distribuição. Com o Revit, foi possível rapidamente alterar visualizações em 2D e 3D. Depois, foram feitas análises reversas de projetos construídos aplicando os EBs buscando refletir sobre como eles poderiam ter sido pensados e distribuídos para gerar tal solução (**Figura 61**).

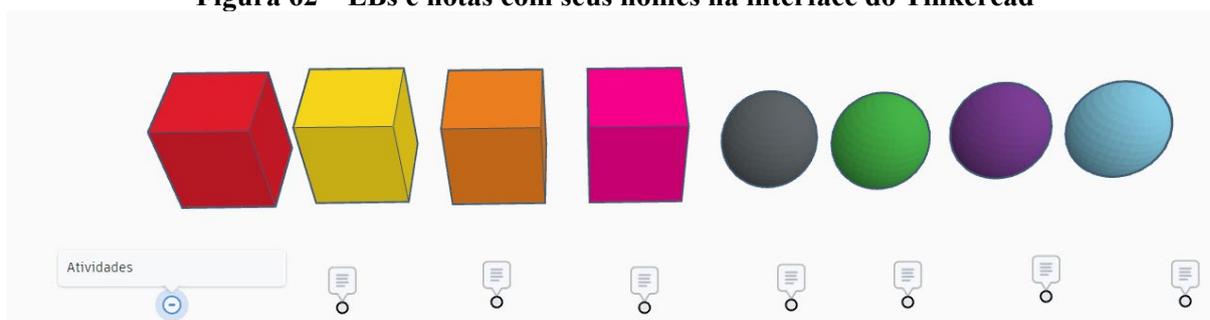
¹¹ Carlos Alberto Cenci Junior é Arquiteto e Urbanista pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Mestre e Doutorando em Arquitetura, Tecnologia e Cidade pela mesma instituição.

Figura 61 – Interface Miro com exemplo de disposição de EBs 3D da categoria “áreas” em vista de topo (acima) e perspectiva (ao centro) e teste reverso (abaixo), acompanhado de legenda de cores



Fonte: A autora e Carlos Alberto Cenci Junior (2023)

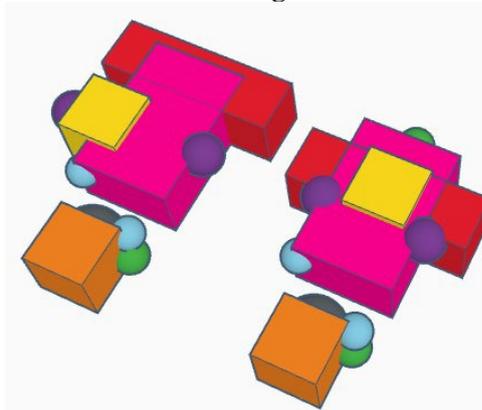
O ganho de familiaridade com os elementos e suas aplicações foi intensificado com etapa posterior, quando foram criados modelos virtuais na plataforma Tinkercad representativos dos EBs. De acordo com o segundo arquiteto participante do projeto, distribuir as formas nesse software e nomeá-las na interface o auxiliou no seu reconhecimento direto (**Figura 62**). Ou seja, criar um indicativo, ou uma forma de lembrete na interface, dos significados, evitava a necessidade de retomar constantemente a representação da legenda e a modelagem exemplo, enquanto ainda se acostumava com e memorizava cada item.

Figura 62 – EBs e notas com seus nomes na interface do Tinkercad

Fonte: A autora e Carlos Alberto Cenci Junior (2023)

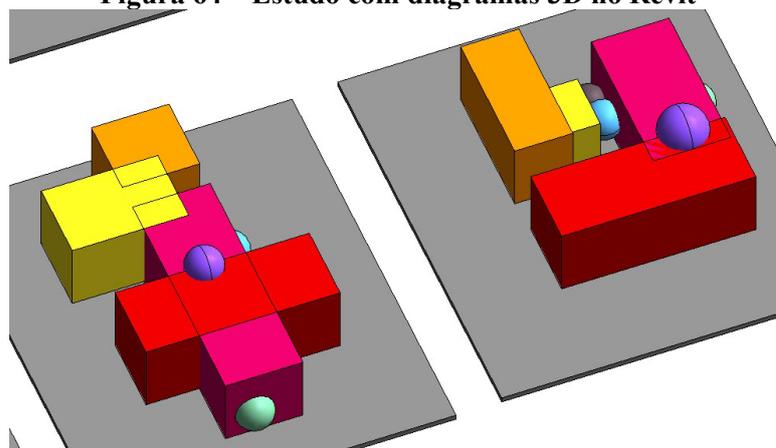
5.1.2.2 Uso do material

Finalizadas as pesquisas iniciais e alinhadas as informações de contexto com o preparo das áreas de trabalho no Tinkercad e Revit, os diagramas 3D do projeto em questão começaram a ser feitos. Em paralelo e intercaladamente, os diagramas eram criados tanto em um quanto em outro software, atentando-se ao fato de que no Tinkercad as interações eram mais rápidas e mudanças de dimensão das formas podiam ser feitas interagindo diretamente com o objeto; por outro lado, no Revit, as dimensões são alteradas em um painel lateral. Ao final uma sequência de diagramas foi feita, evoluindo gradativamente o raciocínio sobre as distribuições dos elementos os tipos de associação desejados. A **Figura 63** e a **Figura 64** mostram os resultados no Tinkercad e Revit, respectivamente.

Figura 63 – Estudos com diagramas 3D no Tinkercad

Fonte: A autora e Carlos Alberto Cenci Junior (2023)

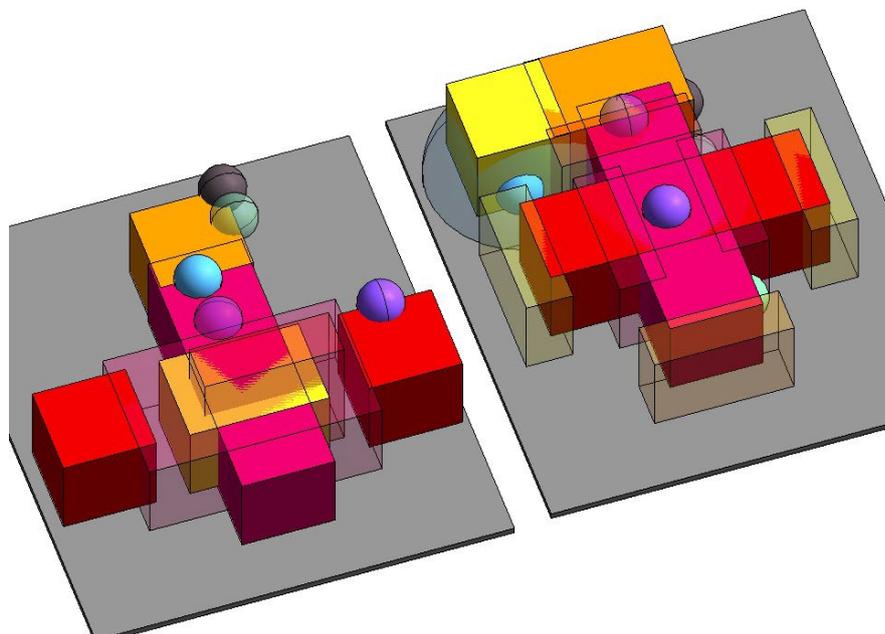
Figura 64 – Estudo com diagramas 3D no Revit



Fonte: A autora e Carlos Alberto Cenci Junior (2023)

Utilizando o Revit também foi possível caminhar em direção à utilização da categoria de agrupamento dos elementos básicos, cujos objetos são transparentes. Foi possível exemplificar visualmente como poderia ser a composição total utilizando todos os elementos básicos propostos. A **Figura 65** mostra a sequência de resultados a partir dos diagramas apresentados na **Figura 64**.

Figura 65 – Diagramas 3D no Revit contendo todos os EBs propostos

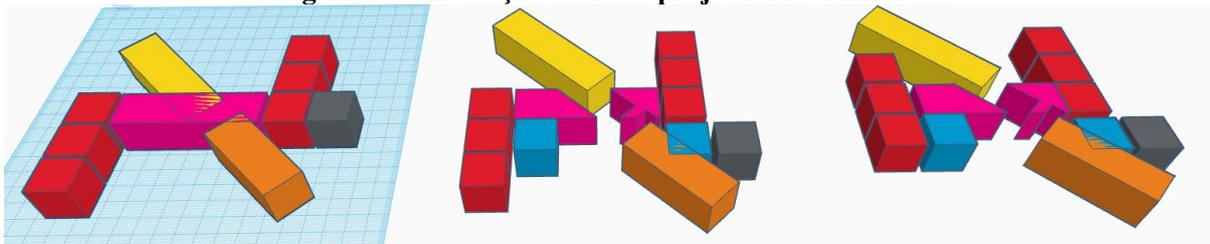


Fonte: A autora e Carlos Alberto Cenci Junior (2023)

Por fim, no Tinkercad representou-se sugestões da continuidade das etapas do projeto. Nesse momento, mantendo as cores usadas nos EBs, as formas receberam outro significado, o de áreas propriamente ditas, ou seja, cada bloco passou a representar efetivamente um espaço escolar. Como exemplo, o EB de área de atividades (vermelho), representado

inicialmente como um único cuboide transpassando o EB de áreas sociais (rosa) (ver **Figura 64** e **Figura 65**), se transfigurou em seis blocos menores distribuídos lateralmente; essa nova representação indicou a existência de, exatamente, seis salas de aula na escola. Adicionalmente, destaca-se que essas e demais formas ganham proporções e dimensões mais próximos ao que se deseja como resultado formal (**Figura 66**).

Figura 66 – Evolução da ideia projetual no Tinkercad

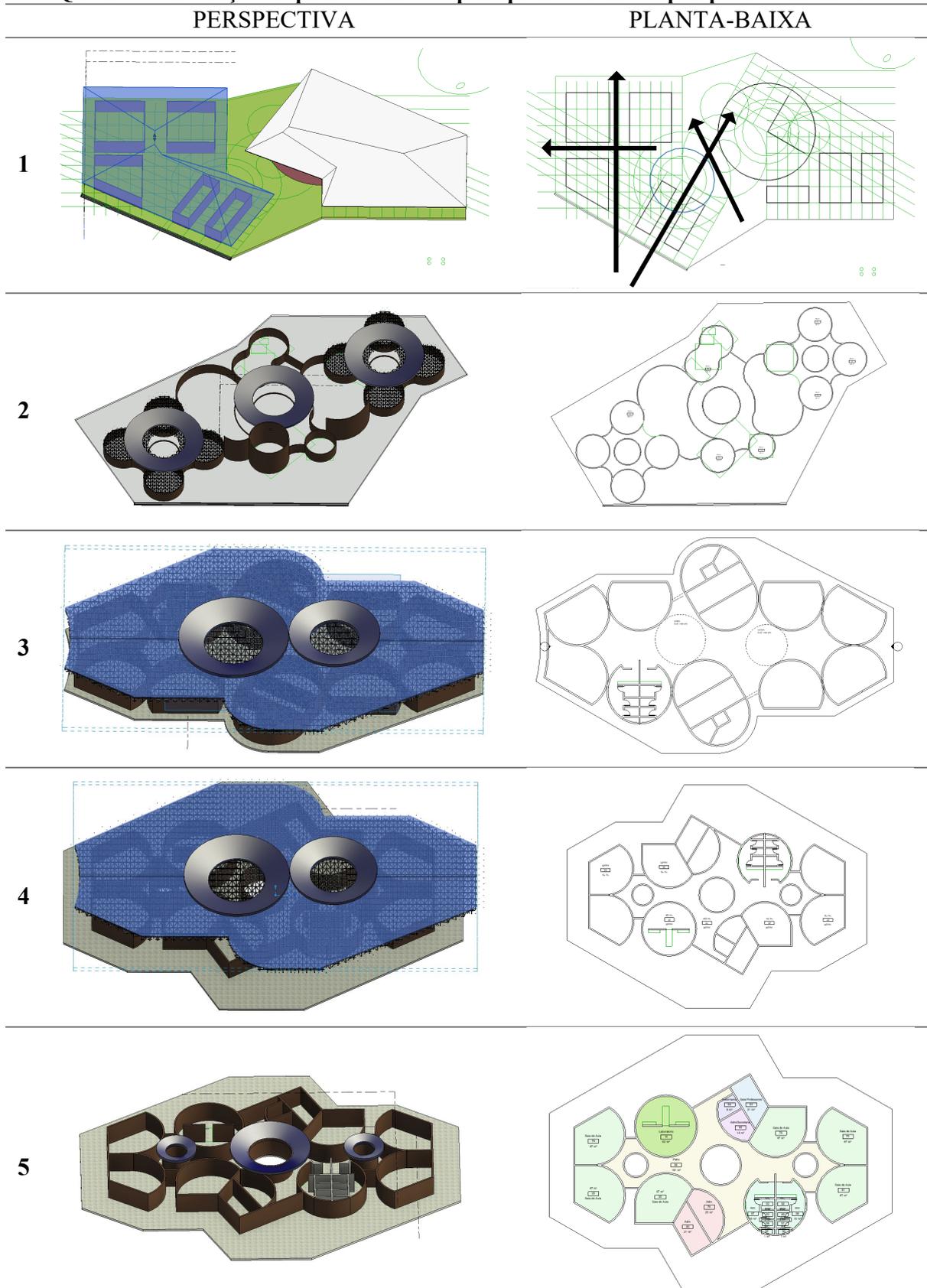


Fonte: A autora e Carlos Alberto Cenci Junior (2023)

É notável que, das primeiras opções formais do projeto, diversas outras se seguiram, gradativamente passando das formas mais abstratas para mais concretas. Cubos e esferas passaram a representar blocos de áreas, que, por sua vez, se tornaram futuramente composições de vedações e aberturas. Como apontado acima, estudos diagramáticos deram lugar a estudos de massa. A esses, seguiram estudos por planta-baixa ao mesmo tempo que com visões 3D, mantendo em mente a distribuição funcional inicialmente indicadas **Quadro 7**.

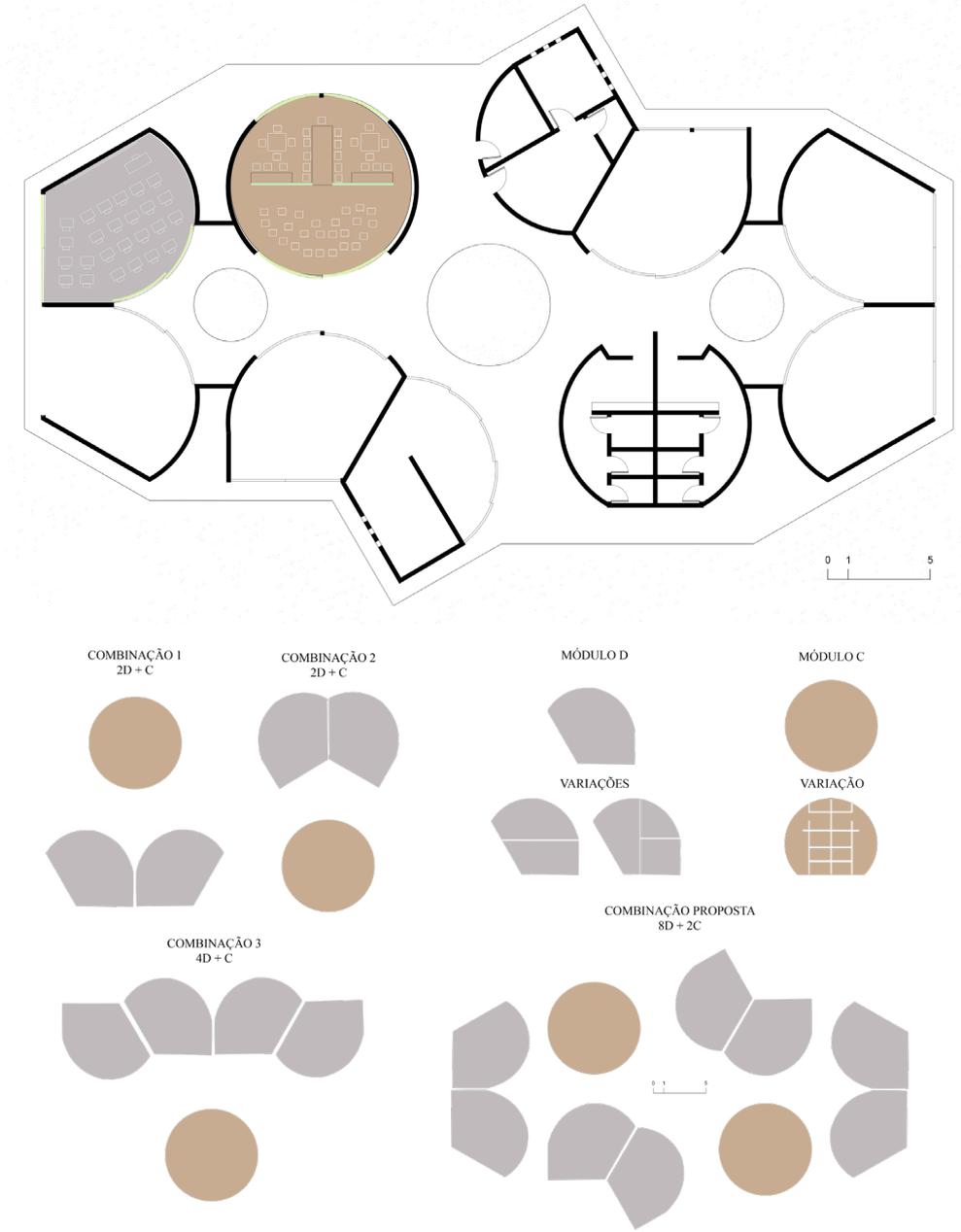
Nota-se que se manteve a intenção, criada ao trabalhar com o diagrama de PPs, de criar um eixo de salas de atividades que fosse cortado por um eixo de área social (item 1 do **Quadro 7**), o qual teria em uma extremidade a área administrativa e, em outra, a área de alimentação. Blocos passaram a ser trabalhados como um combinado de piso-parede-cobertura e, no caso específico do projeto em questão, decidiu-se por trabalhar com formas curvas (itens 2 a 5 do **Quadro 7**). A solução encontrada levou em consideração, como espera-se de projetos arquitetônicos, limites de área e orçamento até alcançar sua forma final submetida. Na **Figura 67** encontram-se duas representações, em planta e diagrama demonstrando diferentes combinações dos módulos. A solução também pode ser vista na perspectiva apresentada na **Figura 68**.

Quadro 7 – Evolução do plano de massas para plantas-baixas e perspectivas no Revit*



*Capturas de tela na interface do Revit indicando etapas de estudo formal no desenvolvimento da solução.

Figura 67 – Projeto arquitetônico proposto em planta (acima), diagrama de variação de planta (abaixo)



Fonte: A autora e Carlos Alberto Cenci Junior (2023)

Figura 68 – Perspectiva da solução apresentada no concurso



Fonte: A autora e Carlos Alberto Cenci Junior (2023)

5.2 O artefato

As duas experiências complementares permitem uma visão ampliada da utilização do conceito de parâmetros de projeto apresentados nessa pesquisa, com os respectivos elementos básicos elaborados; sua aplicação, contudo, permaneceu com foco na elaboração de diagramas tridimensionais, parte central da discussão deste estudo, mas não única. Tais aplicações tiveram como objetivo verificar e validar diferentes aspectos do artefato da pesquisa principal, seja a manipulação do comportamento dos objetos tridimensionais criados, a visualização em RA ou, ainda, a apresentação do conteúdo para um usuário externo – e subsequente compreensão deste - que não havia entrado em contato com o conteúdo anteriormente.

Ao construir, manusear e explicar as novas abordagens, reflexões foram feitas direcionadas ao artefato produto desta pesquisa. Notou-se como deveria ser estruturada a explicação do funcionamento do artefato e quais tópicos poderiam causar mais dúvida sobre a maneira de manusear a interface e lidar com as interações. Além disso, foi possível refletir sobre questões de interação com a interface, o que vai ao encontro com os princípios de projeto e heurísticas de usabilidade apresentadas em 4.2.3.3 Alternativas de design e prototipagem.

Como destaque, o princípio de facilidade direcionou decisões voltadas para a navegação no aplicativo, buscando uma estrutura clara e hierarquizada, identificadas por ícones específicos e dispostos logicamente e em sequência coerente. Mecanismos com caminhos alternativos para uma mesma ação e pontos de saída caso o caminho tenha sido escolhido equivocadamente também foram propostos, esse último se conectando ao princípio de tolerância. A consistência foi um aspecto essencial, que permitiu refletir sobre a manutenção de um mesmo padrão de design nas telas do aplicativo.

Quanto às heurísticas, três se destacaram. A de visibilidade do status do sistema foi aplicado essencialmente nas telas descritivas dos conceitos, uma vez que a intenção foi mostrar ao usuário qual era o ponto selecionado, diferenciando-o dos demais. A heurística de consistência e padronização se conecta ao princípio de mesmo nome. Por fim, a heurística de reconhecimento ao invés de memorização, buscou-se implementar informações visuais que indicassem o significado dos EBs na interface, sem que fosse necessário retornar ao catálogo de definições constantemente.

5.2.1 Funcionamento do artefato: passo-a-passo

Nesse passo-a-passo do uso do artefato serão apresentadas as telas, em sequência, do aplicativo em sua versão final (**Quadro 8**). A cada tela que possua mais de uma opção, todas serão mostradas em sequência para que seja simplificado o acompanhamento do processo. Acompanhando, são feitos comentários descritivos sobre o conteúdo apresentado.

Quadro 8– Cenas da aplicação

	CENAS	COMENTÁRIOS
<p>Página Inicial</p>		<p>Página de entrada, ou página inicial do aplicativo.</p>
<p>Introdução à aplicação</p>		<p>Sequência de telas informativas sobre origem, desenvolvimento e financiamento da aplicação.</p> <p>Páginas 1 a 4</p>

Quadro 8 – Cenas da aplicação - continuação

	CENAS	COMENTÁRIOS
<p>Introdução à aplicação</p>		<p>Páginas 5 e 6</p>
<p>Menu</p>		<p>Página de Menu da aplicação, onde é possível acessar a área de trabalho (iniciar), as definições conceituais e o tutorial indicativo dos movimentos e alterações de forma possível. O ícone para carregar o projeto se apresenta como protótipo.</p>

Quadro 8 – Cenas da aplicação - continuação

CENAS

COMENTÁRIOS

Área de trabalho do projeto demonstrado a inclusão de algumas formas.

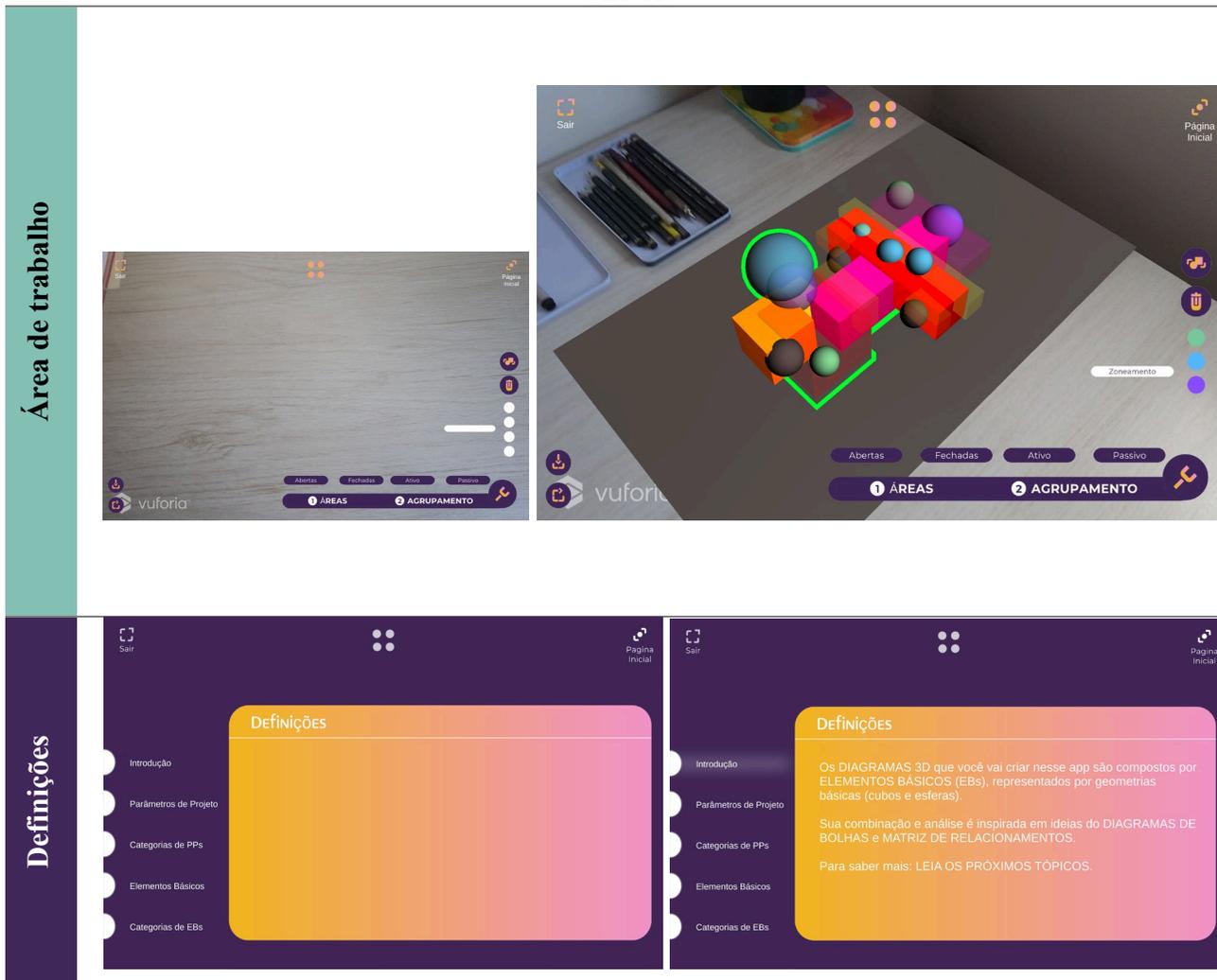
Botões de manuseio de formas:

- 1 O plano, em cinza, aparece após a leitura do marcado para RA.
- 2 As formas são incluídas a partir da interação com o menu de ferramentas (inferior direita).
- 3 As cores são atribuídas pelo menu de cores na lateral direita, onde aparecem os nomes dos EBs correspondentes a cada cor.
- 4 O ícone de lixeira, acima do menu de cores, permite deletar objetos.
- 5 O ícone de seleção múltipla, acima do ícone de lixeira, permite ativar o modo de seleção de mais de um EB ao mesmo tempo para sua movimentação

Cena de definições com distintas telas.

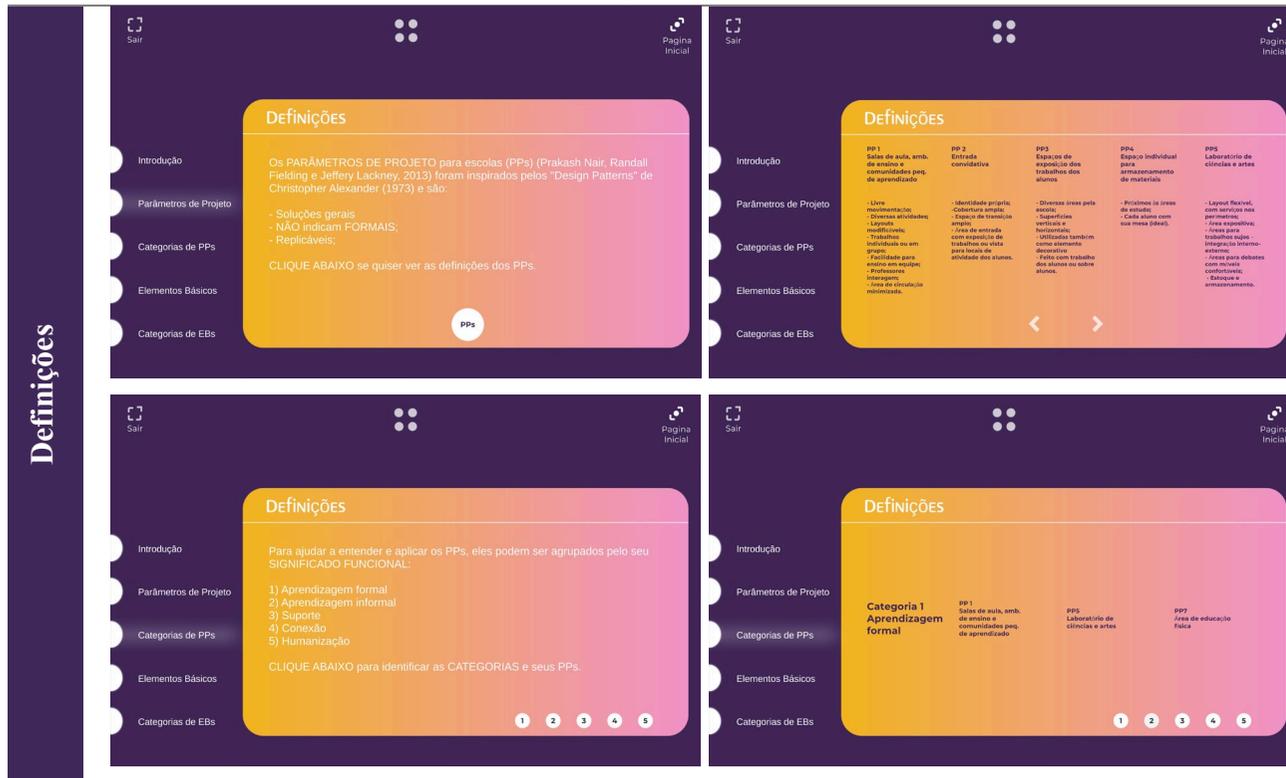
De posse desse conteúdo, ao navegar na lista lateral esquerda, o arquiteto pode acessar as origens conceituais do aplicativo, bem como captar o significado e tipos de formas a serem utilizadas na área de trabalho.

Tela de entrada e Introdução



Quadro 8 – Cenas da aplicação - continuação
CENAS

COMENTÁRIOS

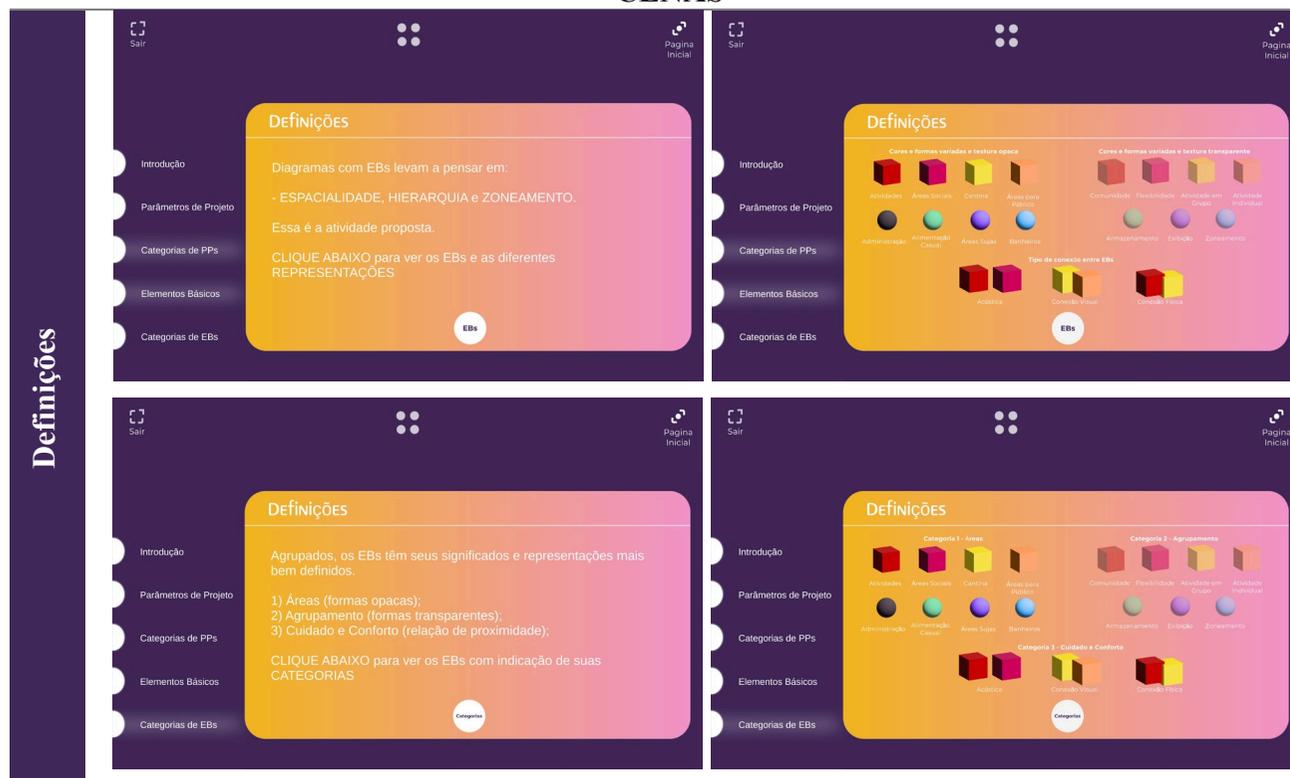


Parâmetros de projeto – descrição
 Parâmetros de projeto – lista
 Categorias de parâmetros – descrição
 C categorias de parâmetros – lista
 Elementos básicos – descrição
 Elementos básicos – exemplos com distinção entre opacos, transparentes e tipos de conexão

Quadro 8 – Cenas da aplicação - continuação

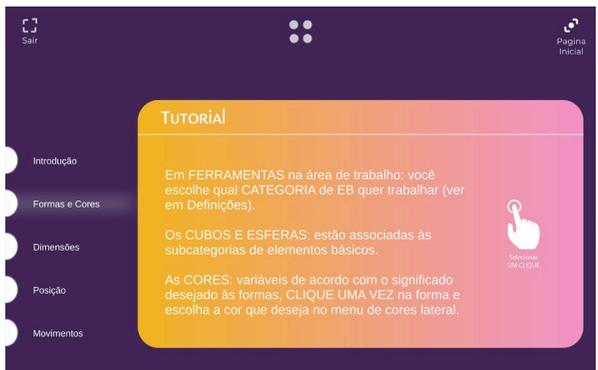
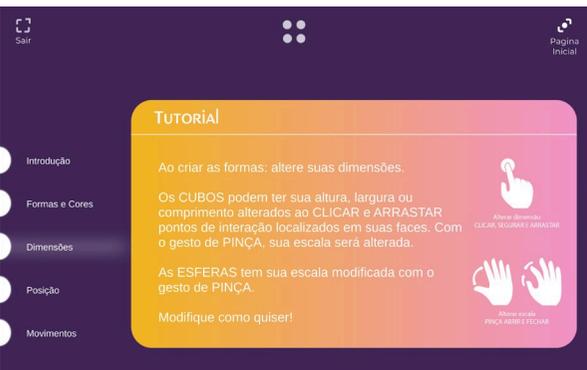
CENAS

COMENTÁRIOS



Elementos básicos – descrição
 Elementos básicos – exemplos com distinção entre opacos, transparentes e tipos de conexão
 Categoria de elementos - descrição
 Categoria de elementos – exemplos com foco no nome da categoria

Quadro 8 – Cenas da aplicação - continuação

	CENAS	COMENTÁRIOS
Tutorial		
		<p>Cena de tutorial com distintas telas.</p> <p>De posse desse conteúdo, ao navegar na lista lateral esquerda, o arquiteto pode acessar as orientações de interação e manuseio dos elementos virtual.</p>
		<p>Tela de entrada</p> <p>Introdução</p> <p>Forma e Cores</p> <p>Dimensões</p>
		

Quadro 8 – Cenas da aplicação - continuação

CENAS

COMENTÁRIOS

<p>Tutorial</p>	 <p>TUTORIAL</p> <p>Os cubos e esferas são inseridos sempre sobre o plano do marcador.</p> <p>Você pode alterar sua posição na tela pensando em DISTRIBUIÇÕES E CONEXÕES dos EBs. Para isso, basta CLICAR, SEGURAR e ARRASTAR os objetos.</p> <p><small>Alterar posição: CLICAR, SEGURAR e ARRASTAR</small></p>	 <p>TUTORIAL</p> <p>ROTAÇÃO: os objetos são rotacionáveis com o gesto de PINÇA.</p> <p>TRANSLAÇÃO: diferentes pontos de vista são possíveis ao girar ao redor do plano-marcador ou ao rotacionar o próprio marcador.</p> <p><small>Rotacionar: PINÇAR/RODAR DIREITA E ESQUERDA</small></p>	<p>Posição Movimentos</p>
------------------------	---	--	---

6 AVALIAÇÃO

Anteriormente foi dito que verificações e validações foram realizadas na medida em que o código era implementado. Esse procedimento, em seu momento, garantiu a correção imediata de erros em *script* e interface para que se mantivesse o rastreamento instantâneo da localização dos erros e para que implementações futuras não fossem comprometidas. As experiências complementares apresentadas em 5 SIMULAÇÃO, também a seu modo, serviram para validar concepções do artefato, funcionando como itens de pré-teste.

Acompanhando as etapas do método DSR, a última fase, após desenvolvimento e simulação, consiste em avaliar o artefato criado. Aqui, as avaliações foram realizadas quantitativa e qualitativamente com base nos testes de uso da ferramenta por profissionais, cujo procedimento detalhado será descrito em seguida. A partir daí, os dados foram analisados e os resultados e discussão correlacionam questões de software (aplicação), hardware (equipamentos em mãos, sendo estes o *tablet* e marcador de RA) e conceitos (parâmetros de projeto e elementos básicos). Ao final, uma atualização é proposta ao aplicativo, acompanhado de comentários indicando motivos e destacando os pontos de alteração.

6.1 Aplicação dos testes

Os aspectos analisados, com respeito às três frentes citadas acima, são mais bem definidos como: i) usabilidade da interface (observado nos termos dos princípios e heurísticas, em especial aqueles apontados em 5.2 O artefato), ii) interação e movimentação das ferramentas físicas e iii) compreensão dos conceitos e sua aplicação no desenvolvimento da tarefa. Atentando ao primeiro caso, foi observada a naturalidade de compreensão e utilização dos ícones da interface como um todo com base nas heurísticas de Nielsen indicadas em “Alternativas de design e prototipagem”. Paralelamente, acompanhou-se o manuseio do equipamento e marcador, cuja interação deveria ser considerada por se tratar de um aplicativo em RA. No terceiro ponto de avaliação, chama-se atenção para a clareza das informações inseridas na aplicação e o modo como tal conteúdo se transmitiu às formas e à composição do resultado, bem como o suporte da ferramenta para a compreensão dos usuários e na geração de ideias compositivas dos aspectos programáticos pelos participantes. Para as dinâmicas de utilização da aplicação RA participaram, como voluntários, profissionais da área de arquitetura, de acordo com o perfil caracterizado em Representação da necessidade. Prévia submissão do projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa foi realizada e a aprovação se encontra sob número 71022723.1.0000.8142. O parecer consubstanciado foi incluído no **ANEXO A**.

6.1.1 Estrutura e ferramentas do teste

Para a realização dos testes, o processo de avaliação do artefato foi estruturado em quatro etapas pensando em coletar detalhes dos perfis dos participantes, observar sua utilização do aplicativo, entender a carga de trabalho para executarem a tarefa proposta e coletar seus relatos de forma aberta sobre a experiência do uso. Antes disso, os arquitetos se voluntariaram através de questionário de inscrição (**APÊNDICE B**) encaminhado por lista de e-mail a alunos do programa de pós-graduação onde esta pesquisa se desenvolveu e as únicas restrições foram: ter mais de 18 anos e serem formados em arquitetura e urbanismo. Os horários foram agendados conforme disponibilidade dos participantes e os testes foram realizados individualmente, ao longo de uma semana, de forma presencial, no Laboratório de Automação e Metodologia de Projeto em Arquitetura (LAMPA), da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FECFAU), na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). O tempo gasto para cada sessão de avaliação foi em torno de uma hora.

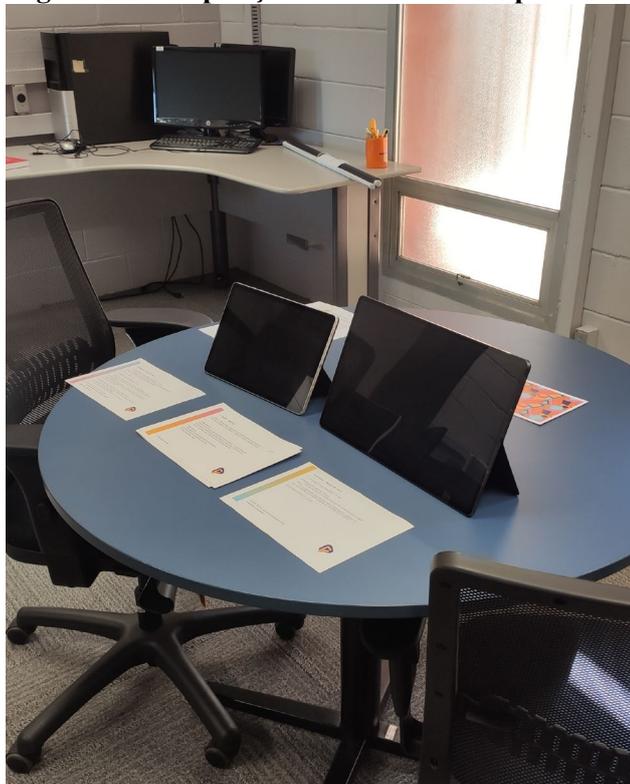
A elaboração de um roteiro previu a apresentação da pesquisa, da atividade, da forma de execução e da discussão proposta. Seguir etapas precisas foi importante para garantir maior padronização na disposição tarefa e dos materiais usados. Os voluntários participaram ativamente ao preencher dois questionários (o primeiro de perfil e o segundo de carga de trabalho), utilizar a aplicação para uma tarefa de projeto pré-estabelecida, e descrever a experiência ao término das etapas anteriores.

Na identificação do perfil, logo após apresentação inicial, foi aplicado um questionário (**APÊNDICE C**), cuja coleta se baseou em perguntas sobre dados sociodemográficos relativos a gênero e idade, e questões profissionais como ano de formação, área de atuação e acesso e familiaridade a recursos digitais 3D. Tal caracterização estabeleceu o contexto e experiência prévia dos participantes tanto em termos de conhecimento sobre os conceitos e etapa do processo de projeto aos quais esta pesquisa se dedica, quanto em termos de proficiência no uso de tecnologias relacionadas ao aplicativo proposto.

A realização da tarefa, segunda etapa da avaliação, seguiu um programa específico. Os participantes foram orientados a escolher um entre os dois tablets disponíveis, Galaxy Tab S9 ou Galaxy Tab S9 Ultra, com telas de tamanho 11” e 14.6” respectivamente. Também foi indicado que a interação por RA era feita utilizando as câmeras traseiras dos equipamentos e uma imagem, à frente, como marcador. Além disso, foi esclarecido que eles poderiam realizar a tarefa posicionados da maneira que mais se sentissem confortáveis e que considerassem mais adequado ao longo da execução, sentados ou em pé, de forma estática ou em movimento. Os

arquitetos recebiam, por fim, *cards* contendo informações relativas ao tipo de projeto que deveriam pensar. A **Figura 69** mostra a disposição dos itens citados.

Figura 69 – Disposição das ferramentas para teste



Fonte: A autora (2023)

O projeto sugerido correspondeu a um desenvolvimento, básico e simplificado, de etapa inicial do projeto de arquitetura, ou seja, uma análise inicial abordando o programa arquitetônico. De posse dos *cards* que continham breve descrição de contexto e programa de ambientes (retirados do mesmo projeto apresentado aqui na seção Aplicação em projeto) (**Figura 70**), os voluntários puderam interagir livremente com o aplicativo, descobrir suas funcionalidades e outras informações contidas nele, como definições dos conceitos e tutorial de uso. Durante a execução da tarefa foram feitas anotações, pelo pesquisador, ao observar os participantes e suas ações.

Figura 70 – Informações de projeto fornecidas aos participantes

A TAREFA - CONTEXTO

Esse é um exercício simplificado de projeto.

Você vai dar os primeiros passos no desenvolvimento de um projeto arquitetônico para uma **escola primária** (alunos de 6 a 11 anos) como participante de um concurso internacional de arquitetura.

A localização da escola é no sul do Senegal, onde há grande mistura étnica, e **a região é praticamente plana**. Por isso, o **terreno** considerado tem também essa característica.

Integrado em uma zona de transição, entre o Saara árido e regiões úmidas da Guiné Africana, o **clima** se enquadra como **tropical**, com **invernos secos** (de dezembro a abril) e **verões úmidos** (de maio a novembro). No inverno há predominância de vento quente e seco.

MATERIAL PARA O USUÁRIO

A TAREFA - NECESSIDADES

Para o projeto é demandado que se pensem **ambientes para**:

- Seis salas de aula
- Escritórios: administração, sala de reuniões e professores
- Laboratórios: espaço flexível para atividades recreativas
- Uma enfermaria para cuidados de saúde
- Cantina
- Armazenamento
- Banheiros: para alunos e funcionários

A área interna máxima deve ser de 650m².
A escola deve ser **térrea**.

MATERIAL PARA O USUÁRIO




Fonte: A autora (2023)

Para coletar dados sobre a carga de trabalho após a realização da tarefa foi utilizado um questionário com base no método NASA-TLX (**APÊNDICE D**). Como explicam Moreira (2018) e Prabaswari, Basumerda e Utomo (2019), esse método possui seis indicadores: (1) Demanda mental, que mede atividades mentais requeridas para a realização do trabalho como olhar, pensar, decidir, calcular, lembrar, procurar etc. (2) Demanda física, que diz respeito a atividade requerida para a realização do trabalho (empurrar, puxar, girar, controlar, levantar etc.). (3) Demanda temporal, ou o nível de pressão de tempo imposto para a realização do trabalho, pensando em ser possível realizar a tarefa de maneira rápida ou lenta. (4) Performance, que considera o nível de sucesso ou satisfação com o desempenho pessoal na realização do

trabalho. (5) Esforço, que é correspondente a quanto se tem que trabalhar física e mentalmente para atingir um nível desejado de performance ou desempenho. (6) Frustração, que contabiliza o nível de fatores que inibem a realização do trabalho (insegurança, desencorajamento, irritação, estresse etc.). Os itens 1 a 3, 5 e 6 são classificados em uma escala que vai de muito baixo a muito alto, enquanto o item 4 é avaliado de perfeito a muito ruim.

Por fim, os comentários abertos foram conduzidos de modo a permitir aos participantes indicar aspectos positivos e negativos do processo. As descrições foram direcionadas para se enquadrar tanto em pontos de interface e interatividade, digital e física, como sobre as explicações conceituais e sua profundidade. Também foram incluídas perguntas sobre o pensamento do arquiteto na geração da proposta de projeto de modo a compreender sua proposta de projeto, identificar sua linha de raciocínio, e correlacionar posteriormente com informações do seu perfil sociodemográfico (idade e sexo) e profissional (ano de formação). Além disso, esses dados compõem uma gama importante de material para análise final sobre o modo como os arquitetos veem a abordagem ao programa proposta pelo artefato construído.

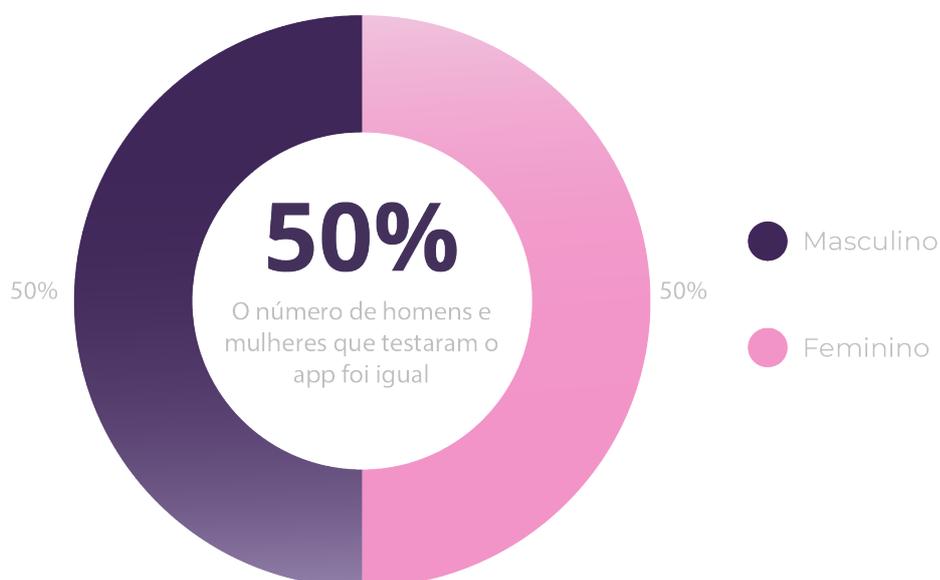
6.2 Resultados dos testes

O espaço amostral resultante foi de 10 usuários, os quais preencheram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (**APÊNDICE E**). Como resultados é possível indicar quantitativamente informações de perfil e de carga de trabalho. Qualitativamente são apresentadas as anotações feitas pela pesquisadora através da observação do trabalho dos arquitetos e anotações feitas posteriormente, durante o *feedback* dado por estes. Todos os dados quantitativos são apontados individualmente, enquanto as discussões decorrentes destes tem foco qualitativo e comparativo, o que será apresentado nos subtópicos a seguir.

6.2.1 Perfil e carga de trabalho – resultados quantitativos

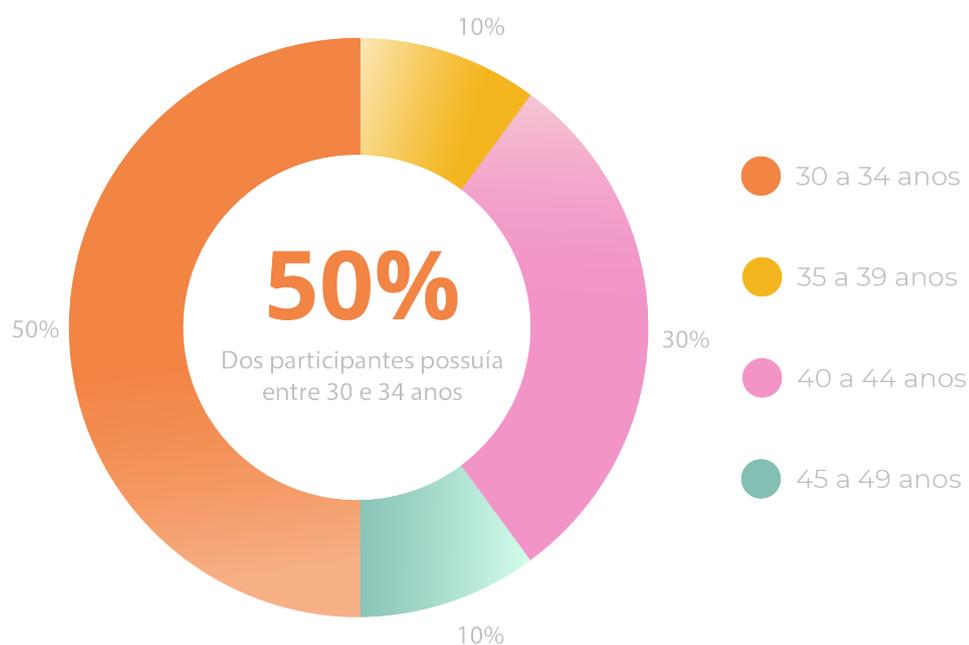
Dentro do perfil sociodemográfico, a distribuição de gênero entre os 10 participantes ficou equilibrada, contando com 5 participantes masculinos e cinco femininos (**Figura 71**). A distribuição por faixa etária variou entre 30 e 49 anos, sendo o maior grupo presente registrado entre 30 e 34 anos (50%) (**Figura 72**).

Figura 71 – Distribuição de participantes por Gênero



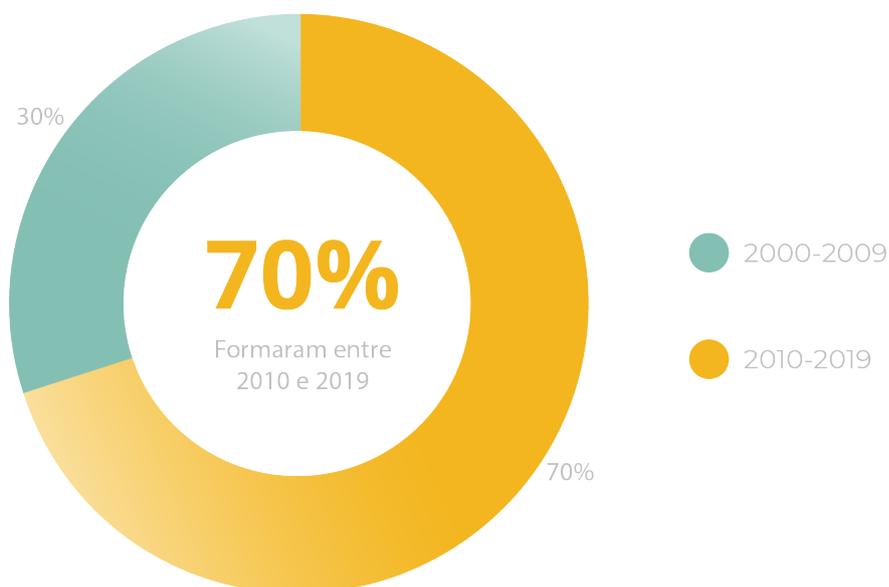
Fonte: A autora (2023)

Figura 72 – Distribuição de participantes por Idade



Fonte: A autora (2023)

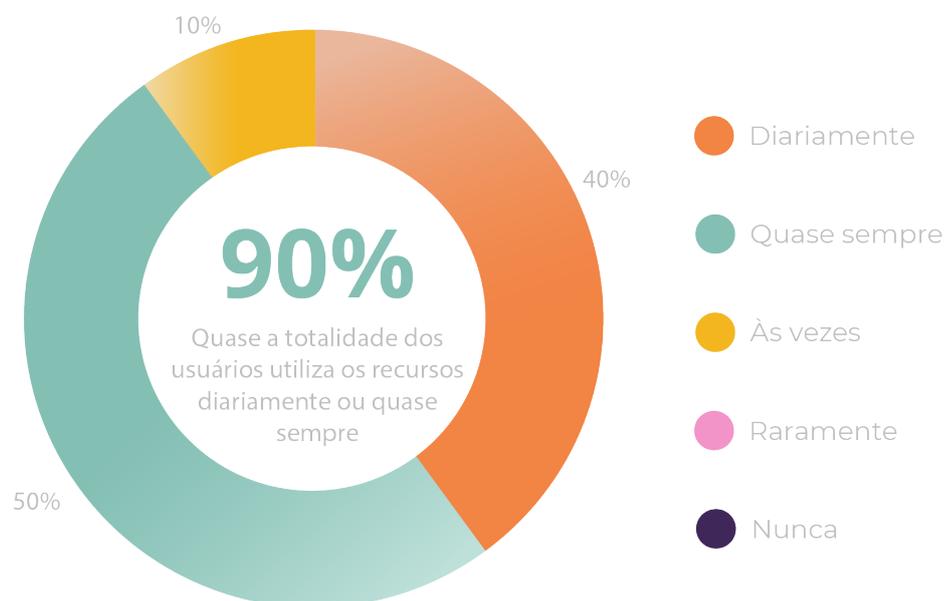
Seguindo para a análise de perfil profissional, 70% dos participantes se graduaram em Arquitetura e Urbanismo entre os anos de 2010 e 2019. A outra faixa de formação encontrada, com 30% dos arquitetos, foi entre 2000 e 2009 (**Figura 73**). Quanto a área de atuação, todos os entrevistados possuíam experiência tanto na academia quanto no mercado profissional.

Figura 73 – Distribuição de participantes por Ano de Formação

Fonte: A autora (2023)

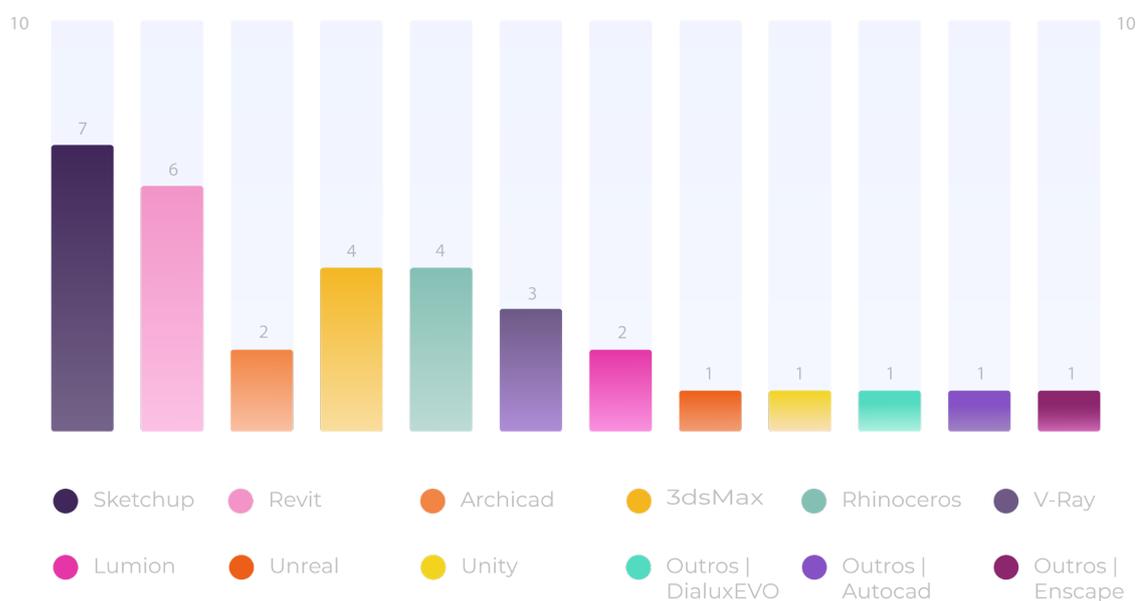
Posteriormente, foram feitas perguntas mais específicas sobre equipamentos e softwares utilizados e enfoque de trabalho dos participantes. Dentre os 10 usuários da ferramenta, metade deles indicaram que quase sempre usam recursos digitais 3D no trabalho (**Figura 74**). Somados aqueles que os utilizam diariamente, perfazem um total de nove arquitetos (90%). Os recursos digitais usados mais citados foram Sketchup (sete de 10 participantes), Revit (seis arquitetos), seguidos de 3ds Max e Rhinoceros 3D (quatro pessoas) (**Figura 75**). Outros recursos digitais, não associados aos de trabalho, também são utilizados pelos voluntários. Jogos (independente do meio) foram citados nesse caso, sendo que apenas três dos dez participantes nunca fazem uso de tais recurso (**Figura 76**).

Figura 74 – Distribuição de participantes por frequência de uso de recursos digitais 3D no trabalho



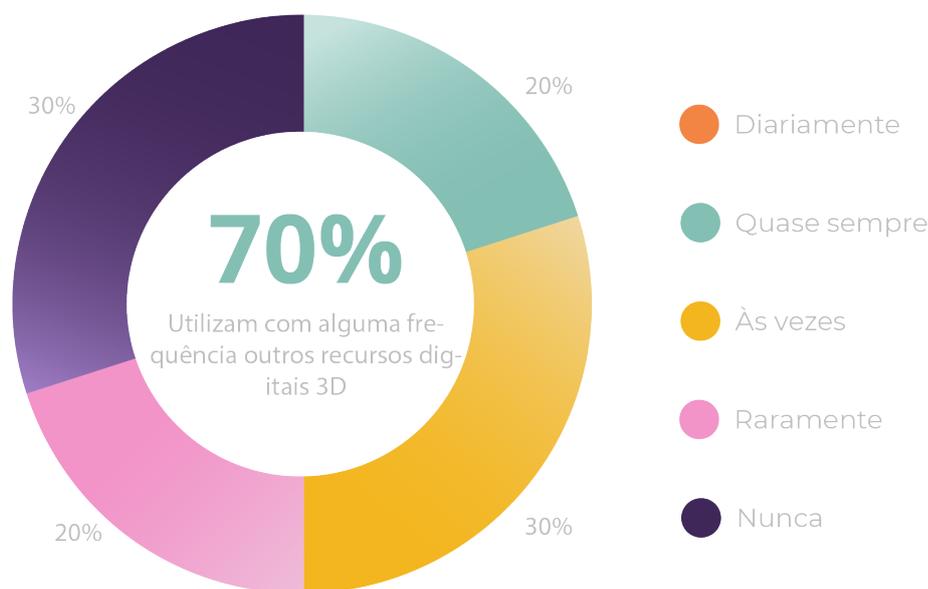
Fonte: A autora (2023)

Figura 75 – Tipos de recursos digitais 3D utilizados no trabalho, pelos participantes



Fonte: A autora (2023)

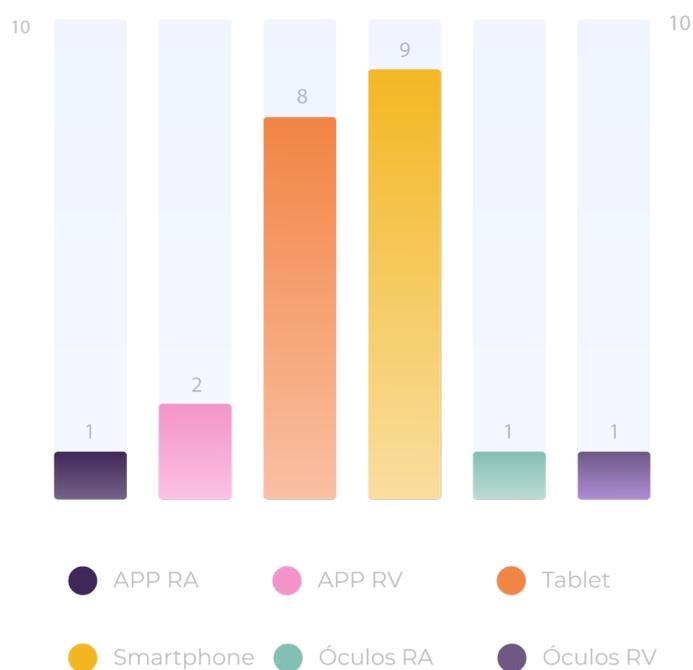
Figura 76 – Distribuição de participantes por frequência de uso de outros recursos digitais 3D



Fonte: A autora (2023)

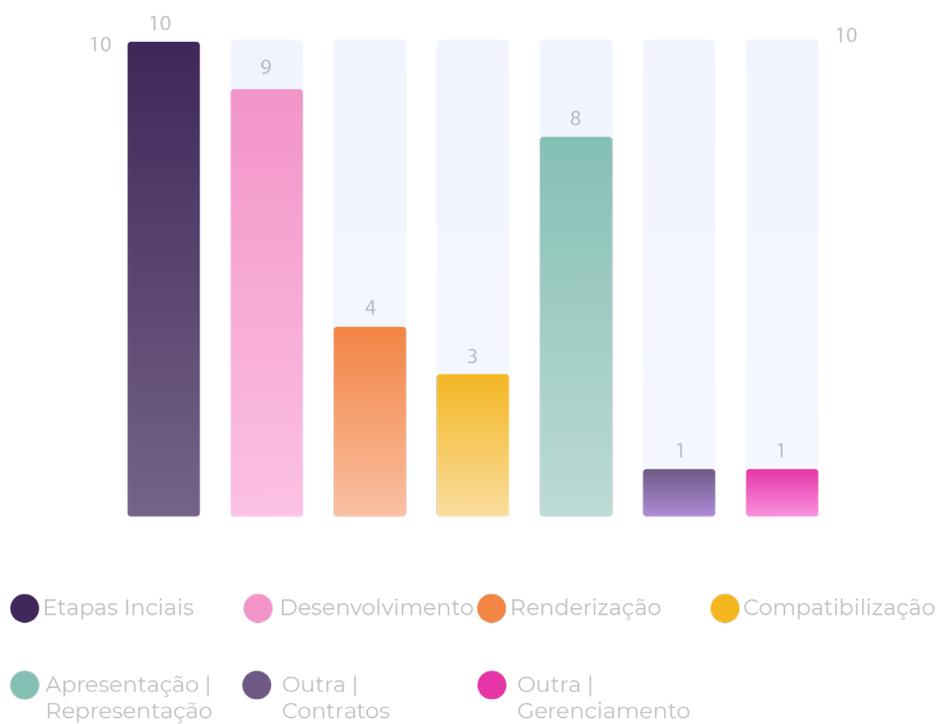
Com a intenção de entender a relação dos participantes com equipamentos e conceitos envolvidos especificamente nessa pesquisa, duas últimas perguntas foram feitas. A primeira questionou sobre sua familiaridade com alguns aparelhos, ou tecnologias. A maior parte tem contato com *tablets* (8 de 10 entrevistados) e *smartphones* (como declarado por nove dos 10 participantes) (**Figura 77**). A familiaridade com quaisquer recursos XR apontados foi baixa (uma pessoa declarou ter tido contato com aplicativos em RV e RA, bem como óculos em ambas as tecnologias, enquanto um segundo participante declarou ter tido contato apenas com aplicativo em RV). A segunda pergunta procurou detectar com qual etapa do processo os arquitetos participantes trabalham e nota-se que todos eles se envolvem com etapas iniciais, quase todos lidam com o desenvolvimento (nove entre 10) e se preocupam nas formas de apresentação e representação do projeto (totalizando 8 arquitetos) (**Figura 78**).

Figura 77 – Distribuição de tecnologias com as quais os participantes possuem familiaridade



Fonte: A autora (2023)

Figura 78 – Distribuição de etapas do processo de projeto com as quais os participantes trabalham



Fonte: A autora (2023)

O questionário de carga de trabalho, por sua vez gerou resultados com uma abordagem distinta. Pela sua estrutura, os voluntários atribuíram peso a cada indicador (demanda mental, demanda física, demanda temporal, performance, esforço e frustração) ao analisá-los por pares. Cada item aparece na lista cinco vezes e, por isso, o peso dado ao indicador pode variar de 0 a 5. Posteriormente, o participante precisou estabelecer uma nota para cada indicador, baseado em sua experiência, em uma escala com dez traços. Para calcular o valor médio, as notas dadas por indicador (nesse segundo momento) são multiplicadas pelo peso (atribuído no primeiro momento) e o total é dividido pelo número de indicadores (seis). Como exemplo, se a demanda mental recebeu peso 5 (foi escolhida cinco vezes na análise por pares) e a nota para esse indicador dada pelo participante foi de 85, sua pontuação final foi de 425 (5 x 85). Esse procedimento é feito para cada indicador, para cada participante.

A média das notas são avaliadas tanto em sua forma pura (sem peso) quanto com peso, sendo essa última aquela considerada para determinar a interpretação da carga de trabalho. Essa interpretação é baseada na posição da nota em uma das bandas categorizadas. Variando de 0 a 100, a primeira banda indica uma carga de trabalho baixa (pontuação de 0 a 9); a segunda, uma carga de trabalho média (10 a 29); a terceira possui uma carga de trabalho um pouco alta (30 a 49); a quarta, alta (50 a 79) e a quinta, e última, muito alta (80 a 100). A **Tabela 1** é um quadro-resumo destas informações.

Tabela 1 – Interpretação de pontuação NASA-TLX

Carga de trabalho	Valores
Baixa	0-9
Média	10-29
Pouco alta	30-49
Alta	50-79
Muito alta	80-100

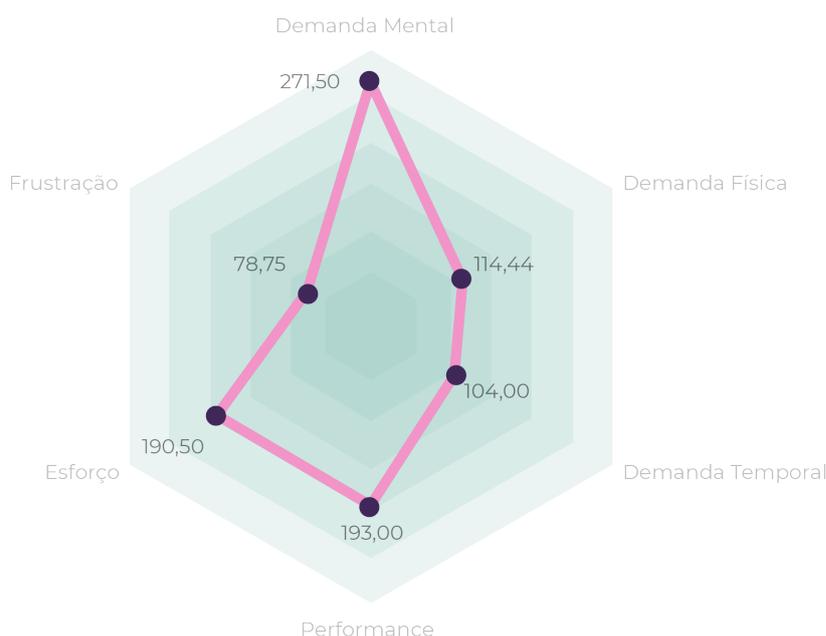
É possível, ainda, calcular diferentes grupos de valores, com análises que vão variar de acordo com o interesse da abordagem. O valor médio com peso é interessante como forma de avaliação geral e aponta, como dito, a interpretação direta da carga de trabalho. Contudo, é plausível também observar a soma das pontuações por indicador, observando aqueles que causaram a maior carga de trabalho e, ainda, a média dessa pontuação que, por consistirem em valores absolutos menores que as somas, podem facilitar na construção de gráficos. A **Tabela 2** traz os resultados, relativos à atividade realizada, da soma por indicador, da média por indicador e da média final, seguida da interpretação da pontuação. Na **Figura 79**, por sua vez, é possível melhor visualizar a distribuição das pontuações por indicador pela presença de picos

e vales. Nota-se de forma destacada que a demanda mental, ou a atividade mental requerida, como olhar, pensar e lembrar, foi a que recebeu a maior pontuação. Por sua vez, a frustração, ou a sensação de insegurança, irritação ou estresse, foi o indicador com menor pontuação.

Tabela 2 – Resultados NASA-TLX

Indicadores	Total (Soma)	Média
Demanda Mental	2715	271,50
Demanda Física	1030	114,44
Demanda Temporal	1040	104,00
Performance	1930	193,00
Esforço	1905	190,50
Frustração	315	78,75
Média com peso	59,57	
Interpretação da pontuação	Alta	

Figura 79 – Média das pontuações por indicador



Fonte: A autora (2023)

6.2.2 Usabilidade e apreensão conceitual – resultados qualitativos

Durante a execução da tarefa de projeto proposta e após o seu término, foi possível fazer anotações correspondentes às observações diretas feitas pela pesquisadora e ao que foi comunicado pelos participantes. Os comentários foram classificados seguindo as mesmas categorias de análise anteriormente citadas: direcionados ao software (aplicativo e interações),

ao hardware (ferramentas físicas e interações) e conceitos (compreensão e aplicação). Ambas as anotações (da pesquisadora e via *feedback*) se complementam.

Após o término das atividades de avaliação, os tópicos anotados foram analisados e agrupados por temática a que se referenciavam para facilitar posterior análise. As divisões consistiram em: modo de interação e percurso do participante na interface observado pela pesquisadora, problemas técnicos e itens interativos na interação com EBs buscados pelos participantes, dificuldades dos participantes especificamente com ícones da interface, tipo de *tablet* e posição de trabalho escolhidos, interações entre marcador e *tablet*, dúvidas conceituais, interpretação feita pelos usuários, dicas para melhoria, importância e aspectos positivos da ferramenta. Para a discussão e alterações do artefato, uma segunda compilação de prioridades levou em conta a recorrência de um problema técnico, da dificuldade de interação ou compreensão pelos participantes, das solicitações que fizeram, mas também o tempo necessário para a realização de modificações e sua relação com o escopo, ou objetivo, da pesquisa e do aplicativo. Esses pontos são comentados ao longo da discussão dos resultados e, posteriormente, também apresentados conforme pertinência, na apresentação do aplicativo atualizado.

O **Quadro 9** traz o compilado com o resumo das observações (questões técnicas do artefato, dificuldades, solicitações, dicas ou interpretações dos usuários), listados por grupo ao qual se referem (software, hardware ou conceito), de acordo com sua priorização.

Quadro 9 – Quadro de anotações

TEMA	OBSERVAÇÃO	MOTIVO DA ALTERAÇÃO	AÇÃO
SOFTWARE (INTERAÇÕES DIGITAIS)	O percurso área de trabalho-menu-área de trabalho do aplicativo não carrega os objetos já inseridos e estes são perdidos. Ao realizar esse percurso, a movimentação e alteração de novos elementos inseridos é bloqueada.	Garantir entrar e sair da área de trabalho, salvar e carregar projeto feito e manusear corretamente	Revisão e alteração no código
	Cores das esferas foram alteradas após compilação do apk para instalação	Retornar as referências das cores originais para as esferas	Revisão de código e modificação do modo de compilação
	Animação do menu de EBs foi desativada após compilação do apk para instalação	Possibilitar interação com menu de EBs para que os botões apareçam por categoria, direcionando também ordem de aplicação dos EBs	Alteração de código de interação com menu EBs e modificação do modo de compilação
	EBs ultrapassam plano gerado por marcador no eixo z	Evitar que EBs se posicionem abaixo do plano, ou sejam cortados por esse	Alteração por código
	Ausência da operação de copiar EB	Copiar elemento após editado	Criação de código para cópia
	Acesso ao ícone “página inicial” na intenção de retornar ao menu principal	Facilitar interação e reconhecimento dos ícones da interface	Alteração de design de interface/orientação de botões
	Segundo marcador referente à delimitação de áreas internas não funcional	Interagir tanto com o marcador referente à delimitação de áreas externas como com o de áreas internas	Alteração de posição na interface da Unity
	Ausência da operação de desfazer	Desfazer ações que não deveriam ter sido realizadas	Criação de código para desfazer
	Ausência de meio para travar posições de EBs tendo como referência uma face, vértice, aresta de outro EB, ou com referência aos planos (snap)	Facilitar o posicionamento de EBs	Criação de código para snap
	Ausência de informações sobre PPs e EBs de forma mais direta na área de trabalho	Informar e lembrar os usuários sobre os conceitos sendo trabalhados sem a necessidades de retornar ao Tutorial	Modificação em código e interface do artefato para incluir interações que habilitem e desabilitem itens na tela
	Ausência da função de travar deslocamento de EBs por eixo	Facilitar deslocamentos laterais	Criação de código para controlar snap de movimentação em eixo
	Ausência da função de travar edição do EB	Evitar edição de EB quando já se definiu sua forma final	Alteração de código que controla os EBs
Dificuldade de entender o significado do botão para seleção múltipla de objetos	Auxiliar no uso de uma das operações propostas	Altera design da interface/descrição do botão	

Quadro 9 – Quadro de anotações - continuação

TEMA	OBSERVAÇÃO	MOTIVO DA ALTERAÇÃO	AÇÃO
HARDWARE (INTERAÇÕES FÍSICAS)	Marcador indicando o EB “Interior” com erros na visualização	Visualizar corretamente o plano superposto ao marcador “Interior”	Alteração na posição do plano na interface Unity
	Dificuldade em compreender a leitura e uso do marcador	Explicitar a necessidade e modo de uso do marcador para visualização da base do projeto	Modificar texto e imagens em “Definições” e “Tutorial” indicando os EBs relativos aos marcadores e a forma de interação com eles Indicar, ao entrar na área de trabalho, a necessidade de escanear o marcador
CONCEITO (APREENSÃO E INTERPRETAÇÃO)	Dúvida sobre imagens explicativas de EBs e Categoria de EBs	Especificar, com mais detalhe, o que observar quando se fala de EBs individuais e Categoria de EBs	Alteração de imagem em “Definições”
	Dúvida sobre termos/palavras usadas para nomear as Categorias, Subcategorias	Esclarecer significados de Categorias e Subcategorias para melhor orientar a linha de pensamento dos usuários	Alterar “Definições” e textos descritivos como pop-up em área de trabalho
	Dúvida sobre termos/palavras usadas para nomear os EBs	Esclarecer significados dos nomes dos EBs para melhor orientar a linha de pensamento dos usuários e aplicação de cada EB	Alterar “Definições” e textos descritivos como pop-up em área de trabalho

6.3 Discussão de resultados

Os valores apontados na apresentação dos resultados tornam possível a identificação de pontos de destaque para análises individuais, por tópico. O aprofundamento nesse aspecto permite ampliar a discussão e analisar em detalhes as correlações existentes. Esse tópico pretende discutir tanto pontos particulares quanto pontos de interseção entre a análise de perfil, execução da tarefa, análise de carga de trabalho e *feedback* fornecidos de forma aberta. Posteriormente, a discussão levou a considerações sobre o próprio objetivo da pesquisa, as perguntas que a direcionaram, contemplando também um debate sobre as questões que compuseram a tríade temática deste estudo.

6.3.1 Perfil, abordagem e manuseio da ferramenta

Dentro do perfil sociodemográfico, nota-se que a variação de gerações entre os participantes (de acordo com a idade) foi pequena (idade mínima 30 e máxima 49 anos entre os entrevistados), o que pode ajudar a entender o manuseio similar da ferramenta entre todos, ainda que esse fato, e algumas diferenças observadas, seja impactado por outros aspectos a serem discutidos aqui. Mesmo assim, distingue-se dois grupos geracionais, entre 30 e 39 anos (60% dos voluntários) e entre 40 e 49 anos (40%) (**Figura 72**). Apesar dos anos de formação variarem entre 2000 e 2019 (**Figura 73**), o que corresponde a uma faixa de 20 anos, o que significou aumento na intensidade de uso de softwares na área de arquitetura, tal relação se colocou como pouco impactante no processo de utilização do artefato.

Considerou-se que o ponto de maior impacto na familiaridade de abordagem com o contexto proposto foi o fato de os usuários trabalharem usualmente, ou não, com ferramentas de desenvolvimento de projeto, ou, especialmente, sua familiaridade com RA e RV. A frequência de uso de recursos digitais 3D no trabalho (seja em âmbito de mercado – prática arquitetônica – ou acadêmico) (**Figura 74**), mas também fora deste (**Figura 76**) indicou influência no direcionamento do raciocínio dos arquitetos na forma de interação com a ferramenta, em especial com a interface e a expectativa de modos de interação com os objetos digitais e ícones. Por sua vez, a familiaridade com tecnologias (**Figura 77**) impactou nas interações físicas entre usuário-*tablet*-marcador, em especial no que diz respeito à compreensão de manuseio de associações em RA.

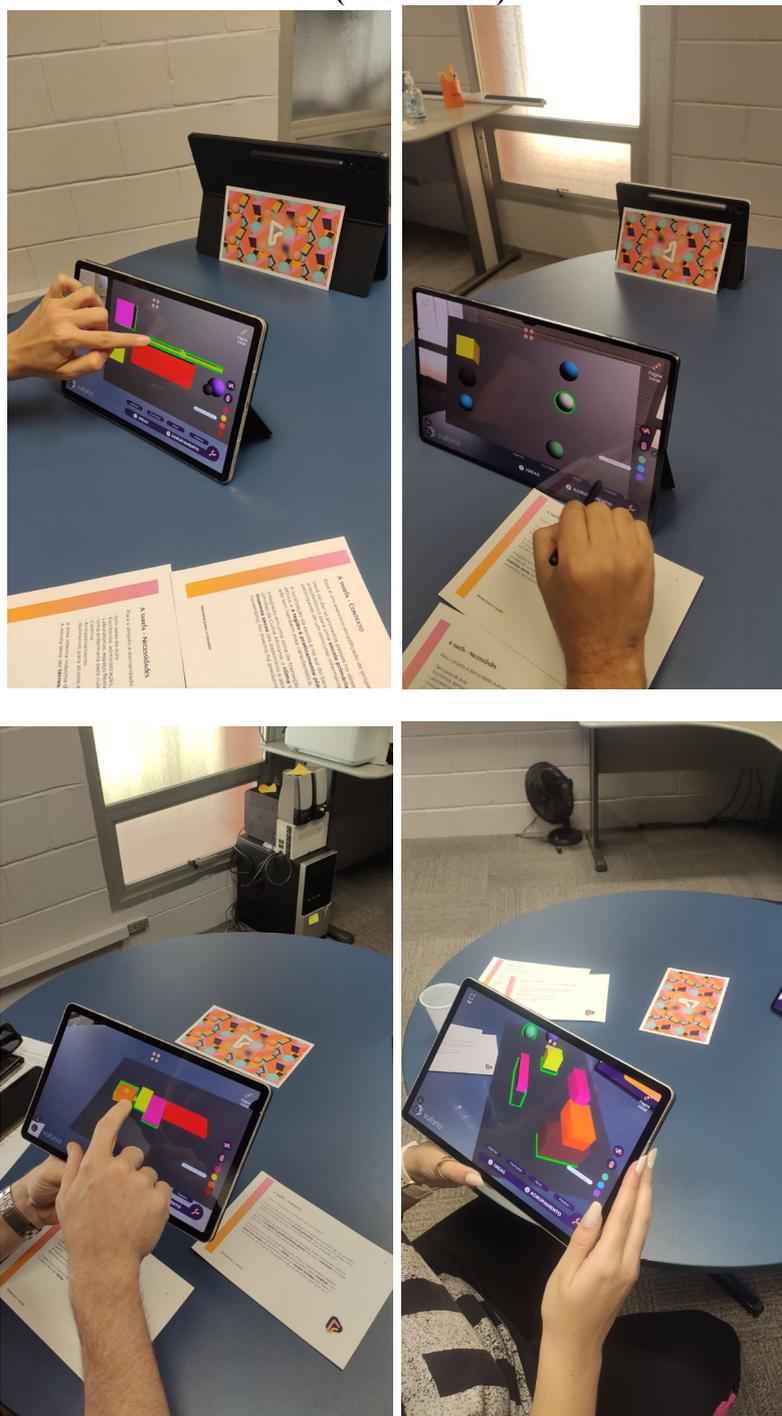
O tipo de recurso utilizado, ou os softwares que os arquitetos estão habituados em suas rotinas (**Figura 75**), associado às etapas do processo de projeto com as quais trabalham (**Figura 78**) orientaram também sua abordagem tanto nas interações, quanto na compreensão

dos conceitos apresentados pelo artefato e forma de visualização. A compreensão desses aspectos foi observada pela pesquisadora durante a execução dos testes, mas também citada pelos participantes na última etapa de análise. Ao comentarem sobre suas interpretações e abordagens da ferramenta, muitos disseram que se sentiram ainda restritos na assimilação do que foi proposto pela sua forma usual de trabalhar, entender e representar os itens projetuais nessa etapa do processo.

6.3.2 Interação em RA

Alguns participantes, por exemplo, tiveram preferência por manter a visualização do marcador como uma vista superior (ou de topo), ou planta, enquanto a função tridimensional era pouco explorada. A **Figura 80** mostra quatro fotos como comparativo entre o trabalho de quatro participantes; acima, duas imagens mostram o uso com o marcador apoiado verticalmente de modo que a visualização resulte na vista de topo e, abaixo, outras duas imagens apresentam o posicionamento dos marcador de modo a permitir a visualização tridimensional. Ainda que alguns pontos de interação fiquem prejudicados na vista superior, aqueles que intercalaram entre os modos de visualização tiveram maior flexibilidade na distribuição dos objetos. A visualização plana (ou bidimensional) permita observar a disposição dos objetos, enquanto as interações em 3D permitiram a movimentação por eixos diferentes, maior noção de hierarquia (volumes), e mais alterações de escala e dimensões (altura, largura, comprimento).

Figura 80 – Posicionamento do marcador em RA gerando visualizações em 2D (fotos acima) e 3D (fotos abaixo)

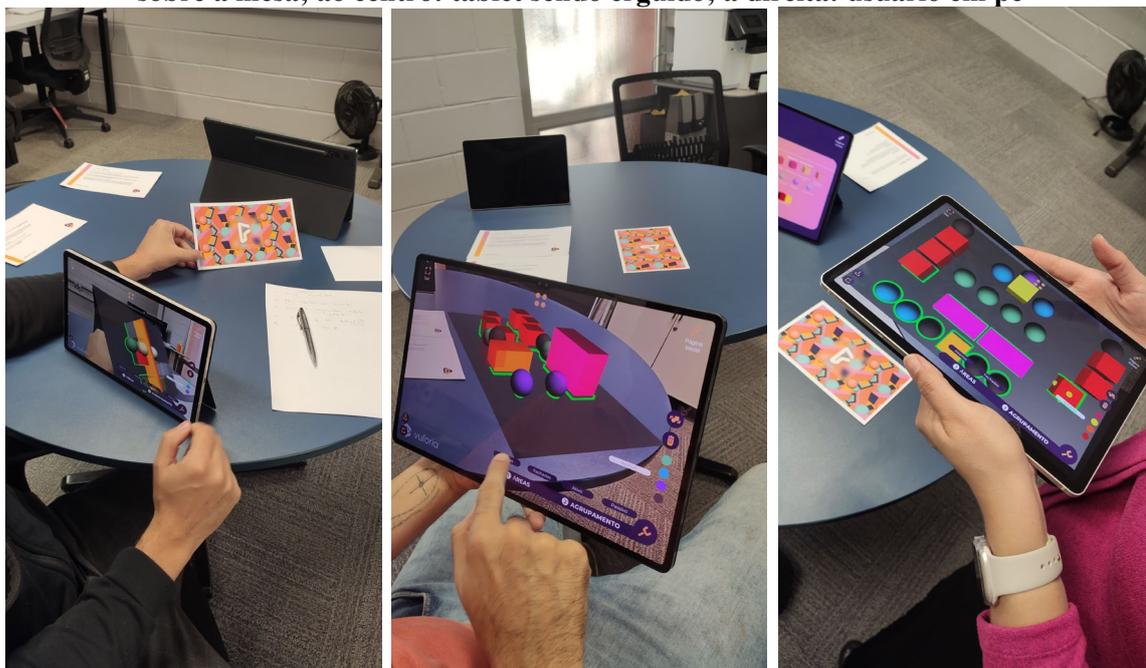


Fonte: A autora (2023)

Com o intuito de visualizar o marcador e, em consequência, os elementos virtuais, em diferentes posições, os usuários tiveram preferência por permanecer sentados, apoiando o *tablet* na mesa, movimentando apenas o marcador para modificar a perspectiva (**Figura 81**, à esquerda). Em algumas situações, os participantes seguraram o *tablet* para auxiliar em tal modificação de visualização (**Figura 81**, ao centro). Menos vezes (dois entre os 10

participantes), porém, observou-se a preferência por movimentar o corpo ao redor do marcador buscando outros pontos de vista (**Figura 81**, à direita). As dimensões dos *tablets* não influenciaram no uso do aplicativo, mas se tratou de preferência individual pelo tamanho de tela (metade dos participantes utilizaram o *tablet* pequeno e a outra metade, o maior).

Figura 81 – Posicionamento do tablet para mudança na visualização. À esquerda: tablet apoiado sobre a mesa; ao centro: tablet sendo erguido; à direita: usuário em pé



Fonte: A autora (2023)

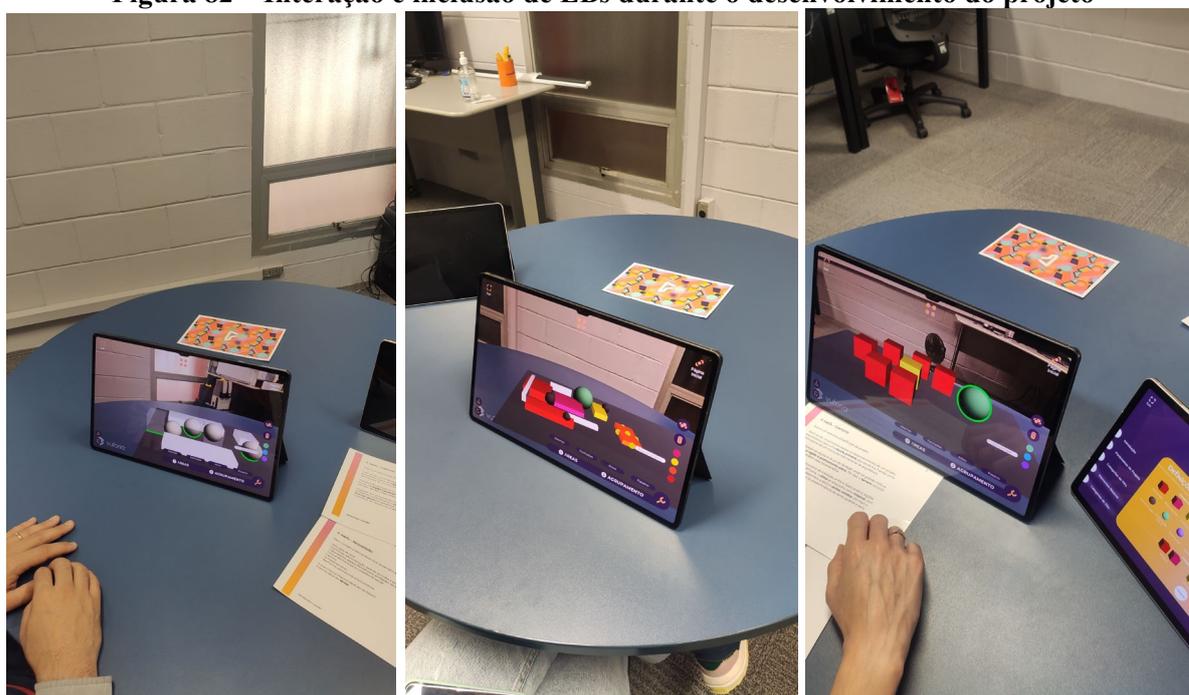
As interações e construção do projeto em ambiente digital (RA) dependeram, como citado anteriormente, de experiências prévias dos voluntários com o tipo de ferramenta utilizada, da experiência de trabalho, mas também com relação à compreensão dos conceitos e a forma de sua aplicação. Esse fator influenciou, inicialmente, as expectativas no manuseio da interface. Todos os usuários chegaram com uma bagagem de utilização de outros aplicativos e buscavam interações similares de toque, duplo-toque, pinça, rotação de dedos para acessar itens da tela, ou selecionar, mover, rotacionar, travar objetos. Enquanto foram oferecidas funcionalidades de incluir, redimensionar, mover em três eixos (x,y,z), rotacionar e deletar, outras operações foram procuradas pelos usuários como desfazer ação, copiar e travar movimentação em um eixo específico.

6.3.3 Manuseio de elementos e visualização

As diferentes experiências dos arquitetos também levaram a distintas abordagens e distribuições e, até mesmo a variação no posicionamento para visualização destes, este último

tendo relação também com a posição do marcador citada anteriormente. Em um dos casos, não foram aplicadas as cores correspondentes aos EBs (**Figura 82**, à esquerda). Em outras situações, os EBs foram distribuídos de modo mais diagramático, abstraindo formas e buscando trabalhar com uma abordagem mais abstrata (**Figura 82**, ao centro). O tipo de interação mais comum foi pensar em blocos específicos por áreas fornecidas no programa de ambientes (**Figura 82**, à direita), como criar seis blocos do EB atividades (em vermelho) para representar as seis salas de aula.

Figura 82 – Interação e inclusão de EBs durante o desenvolvimento do projeto

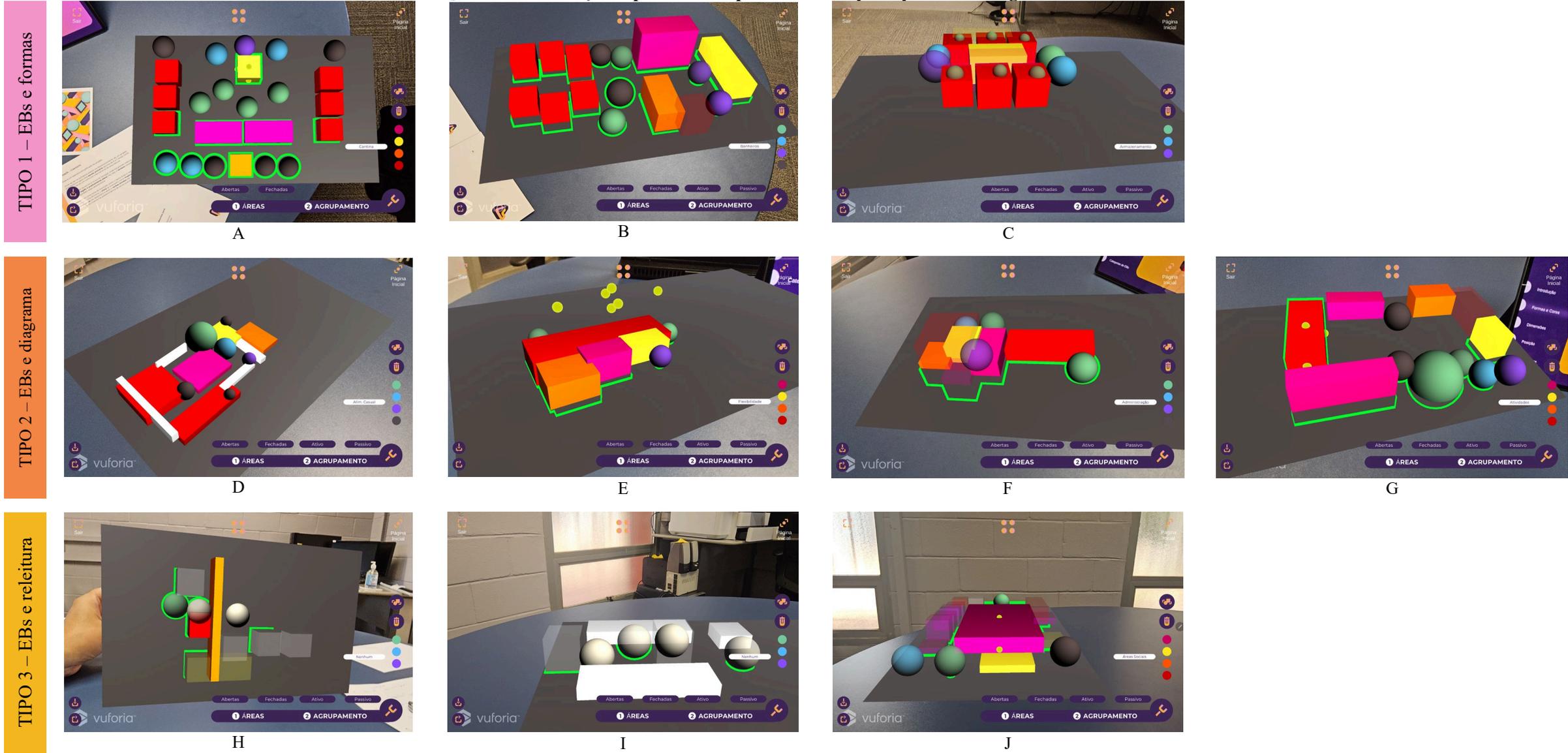


Fonte: A autora (2023)

Como visto, os resultados foram variáveis. Apesar de ser perceptível grupos de condutas similares, todas as soluções foram distintas, o que mostra a flexibilidade da ferramenta na geração de ideias. Com efeito, tal versatilidade e diversidade de aplicação, apesar de positiva com respeito à variabilidade de conteúdo gerado e permitir que o arquiteto adapte a ferramenta à sua realidade (podendo utilizar ainda em combinação com outras ferramentas de desenho), também indicou dificuldades na compreensão dos conceitos e forma proposta de utilização dos EBs. Uma razão apontada para isso foi a forma como esses elementos foram descritos na área de Definições, enquanto outra razão foi a falta de retomada explicativa de tais conceitos na interface da área de trabalho, como um acesso facilitado e menos dependente de memorização. O **Quadro 9** mostra todos os resultados separados por tipos de abordagem. As imagens são nomeadas de A a J e separadas por abordagens.

As imagens de A à C (abordagem Tipo 1) no **Quadro 10** mostram o trabalho com os EBs direcionado mais a formas, onde cada EB da categoria áreas foi entendido como um ambiente. As soluções de D a E (Tipo 2), por outro lado, ainda que se conectem com uma distribuição em planta, já procuram extrapolar e impedir limites físicos dos ambientes, manuseando os EBs de forma mais diagramática e pensando em hierarquias (variação dimensional). Por fim, a abordagem do Tipo 3, onde se encontram as imagens de H a J, corresponde a abordagens distintas com relação as categorias áreas-agrupamento propostas.

Quadro 10 – Soluções apresentadas pelos usuários por tipo de abordagem do conteúdo



6.3.4 Apreensão dos conceitos

Conceitualmente, o maior foco de dúvidas foi na utilização dos EBs da categoria “agrupamento”. Como a categoria “áreas” tem uma conexão mais direta com itens do programa de ambientes, sua compreensão foi mais imediata, ainda que incertezas tenham acometido os participantes quanto a diferença entre as subcategorias “aberta” e “fechada”. Por sua vez, a categoria “agrupamento”, que diz respeito a itens que criam maiores especificidades de atividades, foi pouco absorvido, em especial considerando seu modo de aplicação, imaginado para englobar partes dos EBs de “área”. A solução que mais se aproximou da aplicação idealizada, exemplificada na **Figura 65**, está apresentada na imagem F, que também correspondeu ao usuário que mais movimentou o marcador e se moveu ao redor deste, modo de uso previsto na concepção do aplicativo.

Durante a utilização do aplicativo, os usuários ficaram livres para expressar suas considerações e dúvidas. A interferência da pesquisadora com maiores explicações foi feita apenas quando solicitado pelo participante para que os arquitetos conseguissem dar continuidade no seu desenvolvimento. Algumas das dúvidas recorrentes disseram respeito ao significado de nomenclaturas dos elementos básicos, como “áreas sujas”, ou a diferença entre “áreas sociais” e “áreas para público”.

Houve também variações na interpretação dos EBs e a correspondência de como encaixar o programa de ambientes fornecido. Como exemplo é possível citar que alguns consideram o “laboratório” no EB “atividades” e outros usuários o encaixaram no EB “áreas sociais”. Ao contrário, um dos participantes apreendeu o EB “atividades” como de uso específico para “laboratórios”, enquanto o EB “áreas sociais” foi percebido como “salas de aula”. Outro caso foi a de consideração de “áreas de armazenamento” dentro do EB “áreas sujas”, o qual foi também, em outro momento, considerado como referente a áreas próximas a “banheiros”.

Ajustes nesses aspectos exigem analisar até que ponto a compreensão depende de hábito no uso do artefato, de melhorias na maneira com que eles são apresentados, ou se a melhor opção seria, de fato, alterar os nomes propostos. De um modo geral, a intenção desse estudo é trabalhar dentro de uma proposta e focar em alterar mais o modo como ela é apresentada aos usuários. Ainda assim, acredita-se que ajustes pontuais de nomenclatura possam ajudar a melhorar o alcance da compreensão, e as decisões tomadas serão apresentadas no tópico de 6.4 Atualizações de funcionamento do artefato.

6.3.5 Carga de trabalho

Os resultados de carga de trabalho, decorrentes das autoavaliações dos participantes, vão ao encontro às percepções descritas até aqui. A pontuação média, de aproximadamente 60 pontos, indica que o artefato possui uma carga de trabalho alta, o que é perceptível pelas observações feitas durante a utilização do aplicativo. Somadas a elas, a partir das descrições dos usuários sobre suas dificuldades em compreender a totalidade dos conceitos, ou memorizá-los para sua aplicação e com associação às dificuldades apontadas com relação à interação com botões e objetos virtuais, tal pontuação se mostrou coerente. Nota-se que, por se trabalhar com conceitos pouco conhecidos, como descritos pelos participantes, os parâmetros de projeto para a arquitetura escolar, e proposição de novo método (sua aplicação em RA em formato de elementos básicos tridimensionais), a curva de aprendizado é grande. Nesse sentido, alguns participantes comentaram acreditar que, ao terem mais tempo para estudar os conceitos conseguiriam uma performance melhor no desenvolvimento da tarefa, já que estariam mais familiarizados com o contexto e por se tratar de uma interface amigável e esteticamente agradável, como citado por alguns participantes.

Dentre os indicadores que compõe a carga de trabalho, destaca-se o de demanda mental como aquele com maior pontuação. Relatos dos participantes ajudaram a entender esse fator, indicando que foi necessário pensar mais ativamente no significado de cada categoria, subcategoria e elementos básicos, sentindo falta de meios mais diretos na interface da área de trabalho que os auxiliassem nesse campo. Por esse motivo, precisaram desenvolver interpretações individuais, atribuindo e conectando sentidos aos EBs e sua correlação com o programa de ambientes e contexto de projeto oferecido na tarefa. Ainda que fosse prevista uma interpretação e manuseio livres, é compreensível que melhorias na usabilidade no quesito de reconhecimento ao invés de memorização (uma das heurísticas de Nielsen) facilitariam as interações.

Em contraponto, o indicador com menor pontuação foi o de frustração. Tal resultado foi um indicativo de baixo estresse, desapontamento ou irritação no manuseio do equipamento e execução da tarefa. Essa característica pode ser percebida, e posteriormente validada pelo testemunho dos arquitetos, ao indicarem que, ainda considerando as dificuldades de entender os conceitos, se sentiram confortáveis utilizando o aplicativo.

Com relação ao esforço, uma vez que ele está conectado à demanda mental, há uma conexão lógica entre ambos estarem no topo das maiores pontuações, separadas pela pontuação de performance. Desse ponto, entende-se que os participantes consideraram que foi necessário

grande trabalho físico e mental, mas em especial o último, para atingir um nível esperado de performance, que corresponde à satisfação com o desempenho. De fato, muitos dos participantes citaram desejar realizar algumas ações de movimentação ou posicionamento dos EBs e sentiram que não alcançaram, em seu resultado, o ponto exato que planejaram. Alterações com intenção de auxiliar nessa questão podem ser direcionadas à inclusão de funções do sistema que permitam o usuário ter mais controle e liberdade de manuseio, o que corresponde a mais uma heurística de usabilidade.

As demandas física e temporal, aqui citadas em ordem decrescente de pontuação, possuem valores similares, mas mais próximos à pontuação de frustração. Não houve apontamentos negativos no que diz respeito a desconfortos físicos, apesar de que a leitura dessa nota leve a pensar na falta de hábito dos participantes em trabalhar com a tecnologia proposta: a RA. Todos os participantes realizaram a tarefa numa média de 30 minutos, o que não foi uma demanda significativa de tempo, mas notou-se que o participante com alguma experiência com ferramentas de RA executou a tarefa mais rapidamente, ou ao menos a assimilou com mais facilidade.

6.4 Atualizações de funcionamento do artefato

A interseção interface-equipamento-conceito passou por análises originadas da etapa de avaliação explicitada anteriormente que combinou observações da pesquisadora e relatos dos participantes. Pontos como ajuste de ícones e inclusão de material explicativo e informativo sobre a temática na área de trabalho foram feitos, considerando a sua pertinência em termos de conteúdo e tempo de alteração. A seguir, apresenta-se uma versão atualizada das telas, indicando, sempre que necessário, as alterações realizadas e sua motivação (**Quadro 11**).

Quadro 11 – Cenas da aplicação atualizadas

	CENAS	ALTERAÇÕES
<p>Página Inicial</p>		<p>Software – inserção da logo com nome do aplicativo na página inicial</p>
<p>Introdução à aplicação</p>		<p>Software – inserção de ícone com logo em todas as páginas</p> <p>Páginas 1 a 4</p>

Quadro 11 – Cenas da aplicação - continuação

	CENAS	COMENTÁRIOS
<p>Introdução à aplicação</p>		<p>Software</p> <ul style="list-style-type: none"> - inserção de ícone com logo em todas as páginas - retirada de ícone de “Pular Etapa” da página 6 <p>Páginas 5 e 6</p>
<p>Menu</p>		<p>Software – inserção do nome “Menu” abaixo do ícone (botão) correspondente para facilitar compreensão</p>

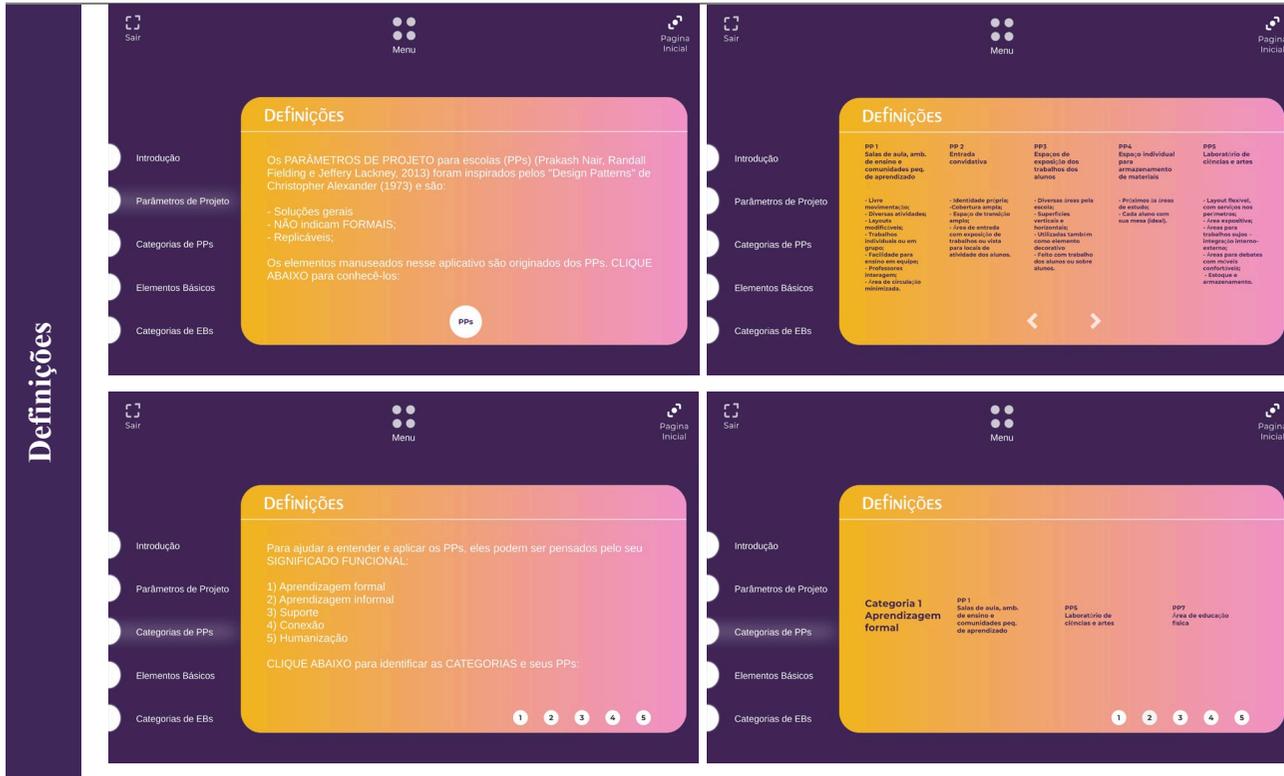
Quadro 11 – Cenas da aplicação - continuação

Área de trabalho	CENAS	COMENTÁRIOS
Definições		<p>Software</p> <ul style="list-style-type: none"> - inserção do nome “Menu” abaixo do ícone (botão) correspondente para facilitar compreensão - inserção do botão de cópia - alteração da posição do campo de texto com nomes dos EBs - ajuste da interação com botão ferramentas (meno de EBs) - ajuste nas cores das esferas em “Áreas”/ “Fechadas” <p>Software – inserção do nome “Menu” abaixo do ícone (botão) correspondente para facilitar compreensão</p> <p>Conceitos – ajustes no texto em “Introdução”</p> <p>Tela de entrada e Introdução</p>

Quadro 11 – Cenas da aplicação - continuação

CENAS

COMENTÁRIOS



Software – inserção do nome “Menu” abaixo do ícone (botão) correspondente para facilitar compreensão

Conceitos

– ajustes no texto em “Parâmetros de projeto” indicando que a lista de PPs que segue é de cunho informativo e conteúdo que originou os elementos básicos propostos

- ajustes no texto em “Categorias de PPs” indicando o cunho informativo e originário do assunto focado no app

Parâmetros de projeto – descrição

Parâmetros de projeto – lista

Categorias de parâmetros – descrição

C categorias de parâmetros – lista

Elementos básicos – descrição

Elementos básicos – exemplos com

distinção entre opacos, transparentes e tipos de conexão

Quadro 11 – Cenas da aplicação - continuação
CENAS



COMENTÁRIOS

Software – inserção do nome “Menu” abaixo do ícone (botão) correspondente para facilitar compreensão

Conceitos

- ajustes no texto em “Elementos Básicos” indicando esses são os elementos trabalhados nos diagramas do app
- ajustes em imagem orientadora dos EBs indicando com resumo de seus significados conceituais
- ajustes no texto em “Categorias de EBs” indicando que esse agrupamento é usado no acesso da área de trabalho
- ajustes no texto e imagem orientadora das categorias de EBs e indicando o significado tanto por categoria quanto por subcategoria

Elementos básicos – descrição

Elementos básicos – exemplos com distinção entre opacos, transparentes e tipos de conexão

Categoria de elementos - descrição

Categoria de elementos – exemplos com foco no nome da categoria

Quadro 11 – Cenas da aplicação - continuação

CENAS

COMENTÁRIOS



Software – inserção do nome “Menu” abaixo do ícone (botão) correspondente para facilitar compreensão

Hardware – indicação, em “Introdução”, da necessidade de leitura de um marcador para servir de base ao diagrama e permitir a visualização dos elementos

Tela de entrada
Introdução
Forma e Cores
Dimensões

Quadro 11 – Cenas da aplicação - continuação

CENAS

COMENTÁRIOS

Tutorial		<p>Software – inserção do nome “Menu” abaixo do ícone (botão) correspondente para facilitar compreensão</p> <p>Posição Movimentos</p>

7 CONCLUSÃO

Ao partir de uma tríade de conceitos, ficou estabelecida a definição de uma conexão entre áreas, nesse estudo, cuja exploração se deu através da utilização de um método de pesquisa (*Design Science Research*) e resultou em um artefato. O objetivo estabelecido para esse processo foi o de caracterizar a representação gráfica de informações relacionada ao programa arquitetônico de edifícios educacionais e verificar sua inserção em RA. As consequências de percorrer esse caminho, que uniu Projeto, Tecnologia e Comunicação, ou, mais especificamente, Programa arquitetônico, Realidade Aumentada e Representação Gráfica, é um estudo extensivo que levou à elaboração de uma abordagem modificada direcionada às etapas iniciais do projeto em arquitetura.

Com efeito, os resultados da pesquisa são muito mais do que a aplicação em RA. Sua criação, avaliação e análises decorrentes, ainda que essenciais como processo, serviram a um propósito mais amplo. A questão principal ficou destacada na tradução de um pensamento diagramático de abordagem do programa, essencialmente bidimensional, para uma versão tridimensional, interativa, que culminou em discussões de cunho gráfico e de elementos considerados na representação de parâmetros de projeto no programa de arquitetura. Os arquitetos, ao se aproximarem e trabalharem com tal abordagem carregam sua bagagem prática, seus métodos próprios de manuseio de informações durante o programa de necessidades. É a combinação da representação e interações em RA permitidas por essa pesquisa que de fato se constituiu como seu desafio e foco de análises.

O estudo de métodos de projeto, em especial aqueles que se dedicam a fases iniciais, encontram a barreira de lidar com aspectos pouco controláveis, subjetivos e que correspondem a processos mentais particulares de cada profissional. O processo criativo, contudo, percurso percorrido para o desenvolvimento de ideias, é também baseado em itens objetivos se tornando, assim, passível de sistematização. Seja para auxiliar na identificação e estabelecimento do problema, em sua organização, na geração e domínio do direcionamento das soluções, ou, ainda, na sua comunicação e validação, que será encaminhado para etapas projetuais seguintes.

Ainda que o programa tenha sido pouco considerado durante grande parte da história da arquitetura, sua valorização após o século XIX, mas em especial em meados e final do século XX, permitiu o engajamento na criação de métodos que englobassem aspectos mais objetivos dessa etapa. Quando se trata de organização e comunicação, por exemplo, métodos tradicionais e validados em sua abordagem conceitual e prática existem e permitiriam, dentre

muitas coisas, voltar o olhar para o projeto de modo mais abstrato, antes de definir formas, o que carrega pontos positivos.

Essas visualizações, em especial aquelas por meio de diagramas, foram discutidas em termos de tornar inteligível relações entre partes; significa dizer criar, apontar ou delimitar conexões entre elementos, os quais serão posteriormente transformados em conexões físicas reais. Ao longo dessa pesquisa, é com esses aspectos que se trabalhou: diagramas e relações, criando elementos e estabelecendo regras para a sua aplicação e conexões.

Diagramas tradicionais para programa de necessidades, como o de Bolhas e a Matriz de Adjacência serviram como modelo de sistemas funcionais e guias no estabelecimento do conjunto de regras aqui desenvolvido. Os parâmetros de projeto atuaram como ponto de partida conceitual, ao direcionar o conteúdo teórico e gráfico do aplicativo. O pareamento de ambos os conteúdos solidificou o ponto de partida da proposta apresentada, que não se constituiu apenas com base neles, mas na qual foi embutida atualizações tecnológicas como reflexo de um contexto arquitetônico digital em crescimento desde o final da década de 1980.

O entusiasmo de uma geração que vive o projeto de arquitetura em sua contemporaneidade digital, na qual se modifica continuamente práticas arquitetônicas, inclui a inclusão da utilização do espectro XR. De fato, sua aplicação abriu portas para trabalhar com simulações em diversas frentes; consolidadas, em aprimoramento ou a serem descobertas, seja durante a fase de desenvolvimento, seja na construção ou na proposição de alterações arquitetônicas e de engenharia. Não obstante, o que se defendeu nessa pesquisa é a amplificação de tal aplicação em um momento anterior, inicial.

Todos esses temas, quando apresentado aos participantes da pesquisa por meio da utilização da ferramenta criada, causaram impacto por solicitar uma mudança efetiva no modo de ver e trabalhar com um tipo específico de dados e com uma abordagem gráfica (modo de representação) e ferramentas (meio) também específicos. Solicitar que arquitetos e arquitetas visualizassem e manuseassem o conteúdo apresentado, em sua tridimensionalidade abstrata levantou questionamentos e reflexões.

Partindo de geometrias volumétricas básicas (cubos x esferas), e aplicando variação de cores (quentes x frias) e textura (opaca x transparente), os objetos virtuais se mostraram como elementos simples e de fácil manuseio, tornando a experiência descomplicada e amigável nesse aspecto, de acordo com o relato de usuários. Os tipos de contato (distribuição e proximidade entre os EBs) e a variação de pontos de vista, auxiliam na análise dos níveis de conexão desejados, seja durante ou posterior à tarefa. O intuito dessa abordagem de desenho teve foi de simplificar a representação gráfica, ainda que dentro de um conteúdo denso, o que

responde a primeira pergunta da pesquisa: Que elementos gráficos tridimensionais devem ser considerados para a representação gráfica dos parâmetros de projeto em ferramentas de RA?

Ainda assim, todos os participantes notaram, durante ou ao final da execução da tarefa, que seu pensamento estava direcionado a seu modo particular de trabalhar. Profissionais acostumados a trabalhar nessa etapa do projeto em planta baixa, tinham preferência por visualizar os EBs de modo bidimensional; aqueles habituados a trabalhar com volumes pensando na proporção de altura correspondente a pavimentos, tenderam a achatar as formas para gerar uma solução térrea; aqueles que usualmente recebem programas prontos, com divisões exatas no número e tipo de ambientes, se concentraram a incluir EBs em uma quantificação de blocos mais exata. Assim, nota-se a transferência de pensamento diretamente dos métodos e modelos representacionais que tinham familiaridade para o manuseio da nova ferramenta.

Enquanto o método com o aplicativo proposto não se pretende universal e substituto de qualquer outra abordagem tradicional ou habitual dos usuários, ele busca se apresentar como possibilidade para auxílio no gerenciamento, memorização e utilização de conceitos essenciais a uma tipologia em particular, a escolar. Ter em mente, e em mãos, esses dados seria um estímulo ao seu contínuo uso e aprimoração, pelos arquitetos. E é na combinação de métodos criativos, softwares e ferramentas que o projeto se desenvolveu.

Por isso, a utilização distinta da esperada foi analisada como oportunidade potencial de ativar outros tipos de conexão no processo criativo, despertando nos arquitetos o interesse, ou a curiosidade, de se trabalhar sob nova perspectiva. Nesse sentido, um dos comentários feitos foi que a permissão ao acesso à essa ferramenta por mais tempo poderia acarretar uma melhor adaptação e, por consequência, trabalhar com esse meio com mais destreza, tanto em termos conceituais quanto físicos. Tais relatos serviram para validar o artefato como possibilidade inventiva.

A possibilidade de adaptação mental na criação de um hábito é possível devido a observações feitas durante a execução da atividade. Naquele momento, a orientação foi trabalhar com os EBs de modo menos formal (ou tendo menos em vista a materialidade da escola) e refletir mais sobre outros pontos aqui já citados: funcionalidade, hierarquia, proporção e distribuição. Usuários que se atentaram a informações fornecidas no aplicativo e à correlação feita com métodos tradicionais de programação (Diagrama de Bolhas e Matriz de Relacionamento), tiveram resultados que buscaram maior abstração de formas, se desconectando de métodos usuais em seu dia a dia, ou os adaptando, o que enriquece ainda mais as soluções e possibilidades de uso da ferramenta no desenvolvimento do programa

arquitetônico. Dessa forma, foi possível alcançar pontos levantados pela segunda pergunta de pesquisa: Ferramentas RA inspiradas no Diagrama de Bolhas e Matriz de Relacionamentos auxiliam na elaboração do programa de necessidades arquitetônico?

Além disso, pelo menos três dos usuários comentaram ver aplicabilidade do artefato em outros contextos, até mesmo considerando o trabalho com leigos da área, demonstrando sua versatilidade. Nesse exemplo, a ideia seria permitir a expressão visual aos não-arquitetos, facilitada por uma ferramenta simples, ao utilizar o mesmo método de representação. Essa ação resultaria também na simplificação da comunicação visual ao lançar mão de uma linguagem menos técnica, o que permitiria a participação de usuários e clientes no processo de desenvolvimento do programa arquitetônico.

Os benefícios trazidos por essa gama de reflexões atingem a discussão da representação gráfica em arquitetura. Considerando que todo arquiteto faz uso de um ou outro software, com um tipo de representação determinado, abre-se espaço para pensar na transformação representativa do projeto arquitetônico. Enquanto na Idade Média o padrão era representar por modelos físicos ou, ainda, desenhos em escala para definir os limites de um edifício, com o passar do tempo as perspectivas renascentistas ganharam lugar e permitiram um novo olhar ao projeto; novo olhar este, ressignificado no momento em que modelos digitais permitiram mais pontos de visão em menos tempo. Ainda assim, em cada caso, há limitações e o desafio é conhecer tal variabilidade para identificar meios pertinentes a cada etapa, buscando ultrapassar limites e testar a união entre inovações técnicas e aprendizados tradicionais, como nesse trabalho foi feito com a aplicação de RA para etapas iniciais. Esse aspecto finaliza a abordagem às perguntas de pesquisa chegando à terceira delas: O uso de RA no desenvolvimento do programa de necessidades, com inserção dos PPs, permite manter e expandir análises possibilitadas por ferramentas tradicionalmente usadas nessa etapa?

É válido lembrar que esta pesquisa, apesar de levantar reflexões temáticas que a transcendem, ocupa-se de conceitos da arquitetura escolar (os parâmetros de projeto). Enquanto esse é um fator limitante à aplicação direta do artefato em outros casos, sua adaptação é possível, posto que os elementos básicos podem ser alterados através de estudos voltados para outras tipologias arquitetônicas. Além disso, a prioridade dada na escolha exclusiva de arquitetos para as atividades de manipulação e avaliação da ferramenta, se justifica por estes profissionais serem detentores de conhecimentos técnicos específicos que os permitiram realizar testes e levantar questões mais conectadas ao escopo da pesquisa. Fornecer a eles tal ferramenta tem a intenção de incrementar seu conhecimento sobre esse tema e incentivar sua aplicação.

Projetos futuros nessa direção podem tanto focar em ampliar a linguagem criada para outras tipologias ou buscar retomar uma abordagem mais geral, ou, ainda, expandir o uso da ferramenta para outros usuários, que não apenas arquitetos. De uma forma ou de outra, alterações seriam feitas em seu conteúdo. Adicionalmente, e sob uma perspectiva técnica, o aplicativo pode ser aplicado e expandido em outros meios, como exemplificado pela aplicação em projeto ao utilizar o Revit, o que levaria a uma conexão direta ao BIM e, em consequência, a fases futuras de projeto. Ainda nesse sentido, a abordagem com RA pode ser alterada, especificamente com relação ao tipo de marcador; como diversos tipos de alvos são permitidos, pode-se pensar em utilizar a forma de personalização do marcador no momento da entrada na área de trabalho, o que permitiria o usuário selecionar qualquer plano ou elemento como base.

Mudar o meio (ferramenta utilizada) e manter o modo representativo (tipo de desenho) não acarreta uma mudança representativa de fato, ou do pensamento gráfico. Por esse motivo, o desafio dessa pesquisa foi propor uma nova abordagem partindo de elementos (gráficos) e tecnologia existentes e dispor de uma modificação de percepção. Mas, essa mudança requer o esforço necessário para apreender uma abordagem, acima de tudo, nova e remodelada do programa arquitetônico, utilizando RA numa releitura gráfica da representação dessa etapa.

REFERÊNCIAS

- AKIN, O. **Psychology of Architectural Design**. London: Pion Limited, 1986.
- AKMAJIAN, A. et al. **Linguistics: An Introduction to Language and Communication**. 7. ed. Cambridge, London: The MIT Press, 2017.
- ALEXANDER, C. **Notes on the synthesis of form**. Cambridge: Harvard University Press, 1973.
- ALEXANDER, C.; ISHIKAWA, S.; SILVERSTEIN, M. **A pattern language: towns, buildings, construction**. New York: Oxford University Press, 1977.
- AMABILE, T. M. *et al.* Assessing the Work Environment for Creativity. **Academy of Management Journal**, v. 39, n. 5, p. 1154–1184, out. 1996. Disponível em: <https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/256995>. Acesso em: 23 de out. de 2023.
- ARGAN, G. C. On the typology of Architecture. **Architectural Design**, v. 33, p. 564–565, 1963.
- BALDESSIN, G. Q.; VIZIOLI, S. H. T. A Aplicação De Softwares De Arquitetura E A Utilização Da Linguagem Visual Nos Trabalhos De Graduação Integrado. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND DESIGN - GRAPHICA, 12., 2017, Araçatuba. **Anais [...]**. Araçatuba: 2018. Disponível em: <<https://even3.com.br/anais/graphica201749633-A-APLICACAO-DE-SOFTWARES-DE-ARQUITETURA-E-A-UTILIZACAO-DA-LINGUAGEM-VISUAL-NOS-TRABALHOS-DE-GRADUACAO-INTEGRADO>>. Acesso em: 27 set. 2019
- BARBOSA, S. D. J. *et al.* **Interação Humano-Computador e Experiência do Usuário**. [s.l.] Autopublicação, 2021.
- BARKER, R. G. **Ecological Psychology: Concepts and methods for studying the environment of human behavior**. Stanford: Stanford University Press, 1968.
- BARRETT, P. *et al.* The Holistic Impact of Classroom Spaces on Learning in Specific Subjects. **Environment and Behavior**, v. 49(4), p. 1–27, maio 2016. Disponível em: <http://eab.sagepub.com/content/early/2016/05/14/0013916516648735>. Acesso em: 30 de jul. de 2016.
- BECHARA, E. **Moderna Gramática Portuguesa**. 37. ed. Rio de Janeiro: Lucerna, 2000.
- BIELEFELD, B.; KHOULI, S. E. **Basics Design Ideas**. Boston/Berlin, MA: Birkhauser Architecture, 2019.
- BLAHUT, S.; HARNONCOURT-FUCHS, M. T. Mixed Reality Interactive Representations for the Assembly of a Custom Timber Tower. *In*: EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURE DESIGN IN EUROPE - eCAADe, 41. (v.2), 2023. Graz. **Anais [...]**. Graz: Graz University of Technology, 2023.
- BORGES FILHO, F. **O desenho e o canteiro no Renascimento Medieval (séculos XII e XIII): indicativos da formação dos arquitetos mestres construtores**. Tese—São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2005.

- BOTASSO, G. B.; VIZIOLI, S. H. T. Desenho E Processo Projetivo: Aproximações Entre Eduardo Souto De Moura E Eduardo De Almeida. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND DESIGN - GRAPHICA*, 12., 2017, Araçatuba. **Anais [...]**. Araçatuba: 2018. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/graphica2017/49628-desenho-e-processo-projetivo--aproximacoes-entre-eduardo-souto-de-moura-e-eduardo-de-almeida/>. Acesso em: 27 set. 2019
- BRESCIANI, S. Visual design thinking: a collaborative dimensions framework to profile visualisations. **Design Studies**, v. 63, p. 92–124, jul. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X1930016X>. Acesso em: 14 de set. de 2016.
- BROADBENT, G.; WARD, A. (Eds.). **Metodología del Diseño Arquitectónico**. Barcelona: Gustavo Gili, 1971.
- BUCHANAN, R. Wicked Problems in Design Thinking. Em: MARGOLIN, V.; BUCHNAN, R. (Eds.). **The Idea of Design: a design issues reader**. Cambridge: MIT Press, 1996. p. 3–20.
- BUERY, C. C.; DIAS, M. A. Reflexão Sobre O Ensino Das Ferramentas Digitais E O Processo De Projeto. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND DESIGN - GRAPHICA*, 12., 2017, Araçatuba. **Anais [...]**. Araçatuba: 2018. Disponível em: <https://even3.com.br/anais/graphica201750925-REFLEXAO-SOBRE-O-ENSINO-DAS-FERRAMENTAS-DIGITAIS-E-O--PROCESSO-DE-PROJETO>. Acesso em: 27 set. 2019
- BUGS, G. *et al.* An assessment of Public Participation GIS and Web 2.0 technologies in urban planning practice in Canela, Brazil. **Cities**, v. 27, p. 172–181, 2010. Disponível em: https://www.academia.edu/2861386/An_assessment_of_Public_Participation_GIS_and_Web_2.0_technologies_in_urban_planning_practice_in_Canela_Brazil. Acesso em: 3 de ago. de 2017.
- CASH, P.; DAALHUIZEN, J.; HEKKERT, P. Evaluating the efficacy and effectiveness of design methods: A systematic review and assessment framework. **Design Studies**, v. 88, p. 101204, set. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X23000455>. Acesso em 23 de ago. de 2023.
- CASH, P.; MAIER, A. Understanding representation: Contrasting gesture and sketching in design through dual-process theory. **Design Studies**, v. 73, p. 100992, 1 mar. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X23000455>. Acesso em: 12 de jan. de 2023.
- CELANI, G. **CAD Criativo**. Rio de Janeiro: Campos, 2003.
- CELANI, G. Shortcut to the Fourth Industrial Revolution: The case of Latin America. **International Journal of Architectural Computing**, p. 320-334, jul. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1478077120942193>. Acesso em 14 de ago. de 2020.
- CHAN, C.-S. Design Representation and Perception in Virtual Environments. Em: **Collaborative Design in Virtual Environments**. Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering. [s.l.] Springer, Dordrecht, 2011. p. 29–40.

CHING, F. D. K. **Arquitetura: forma, espaço e ordem**. Tradução: A. H. Lamparelli. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

CHING, F. D. K. **Dicionário visual de arquitetura**. Tradução: J. Fischer. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2010.

CHING, F. D. K. **Representação Gráfica em Arquitetura**. Tradução: Alexandre Salvaterra. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

CIALONE, C.; TENBRINK, T.; SPIERS, H. J. Sculptors, Architects, and Painters Conceive of Depicted Spaces Differently. **Cognitive Science**, p. 1–30, 2017. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cogs.12510/abstract>. Acesso em 19 de jul. de 2017.

CIPRO NETO, P.; INFANTE, U. **Gramática da Língua Portuguesa**. São Paulo: Scipione, 1997.

CROSS, N. (Ed.). **Developments in Design Methodology**. Chichester: John Wiley & Sons, 1984.

CUPERSCHMID, A. R. M. **Realidade Aumentada no processo de projeto participativo arquitetônico: desenvolvimento de sistema e diretrizes para utilização**. Tese—Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2014.

DA SILVA, L. M.; PIRES, J. C.; FERREIRA, C. DE A. Campus Virtual – Uso Da Modelagem 3D Como Forma De Comunicação Em Arquitetura. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND DESIGN - GRAPHICA, 12., 2017, Araçatuba. **Anais [...]**. Araçatuba: 2018. Disponível em: <https://even3.com.br/anais/graphica201750907-CAMPUS-VIRTUAL--USO-DA-MODELAGEM-3D-COMO-FORMA-DE-COMUNICACAO-EM-ARQUITETURA>. Acesso em: 27 set. 2019

DALSGAARD, P.; MOSE BISKJAER, M.; FRICH, J. Capturing and revisiting ideas in the design process: A longitudinal technology probe study. **Design Studies**, v. 88, p. 1-23, set. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X23000418>. Acesso em: 27 de jul. de 2023.

DELIBERADOR, M. S. **Parâmetros da arquitetura escolar e o jogo de cartas como ferramenta de apoio ao desenvolvimento do programa arquitetônico**. Tese—Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2016.

DONDIS, D. A. **Sintaxe da Linguagem Visual**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

DRESCHÉ, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JR., J. A. V. **Design Science Research: A Method for Science and Technology Advancement**. Porto Alegre: Springer, 2015.

DUDEK, M. **Architecture of Schools: the new learning environment**. Oxford: Architectural Press, 2000.

DUERK, D. P. **Architectural Programming**: information management for design. New York: John Wiley & Sons, 1993.

EASTMAN, C. *et al.* **Manual de BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Tradução: C. G. Ayres Filho. Porto Alegre: Bookman, 2014.

ERDOLU, E. Lines, triangles, and nets: A framework for designing input technologies and interaction techniques for computer-aided design. **International Journal of Architectural Computing**, v. 17, n. 4, p. 357–381, dez. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1478077119887360>. Acesso em: 14 de ago. de 2020.

EWENSTEIN, B.; WHYTE, J. Knowledge Practices in Design: The Role of Visual Representations as 'Epistemic Objects'. **Organization Studies**, v. 30, n. 1, p. 07–30, jan. 2009. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0170840608083014>. Acesso em: 26 de mar. de 2018.

FANTINATO, D. M. **O uso de diagramas na representação de projetos em publicações de arquitetura**: o caso da Domus. Dissertação—Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2018.

FAZEL, A.; IZADI, A. An interactive augmented reality tool for constructing free-form modular surfaces. **Automation in Construction**, v. 85, p. 135–145, jan. 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926580516302497>. Acesso em: 4 de nov. de 2019.

FRAMPTON, K. **História crítica da arquitetura moderna**. Tradução: J. L. Camargo. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

FRANÇA, A. J. G. L. **Ambientes contemporâneos para o ensino-aprendizagem**: avaliação pós-ocupação aplicada a três edifícios escolares públicos, situados na região metropolitana de São Paulo. Dissertação—São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2011.

GIFFORD, R. Environmental Psychology Matters. **Annual Review of Psychology**, v. 65, n. 1, p. 541–579, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-psych-010213-115048>. Acesso em 8 de out. de 2016.

GOLDSCHMIDT, G. **Linkography**: Unfolding the Design Process. Cambridge, London: MIT Press, 2014.

GOMBRICH, E. **Art and Illusion**. New York: Bollingen Foundation, 2000.

GOMBRICH, E. A imagem visual: seu lugar na comunicação. *In*: WOODFIELD, R. (Ed.). **Gombrich essencial**: textos selecionados sobre arte e cultura. Porto Alegre: Bookman, 2012. p. 41–64.

GRAY, C. M. Linguaging design methods. **Design Studies**, v. 78, p. 101076, jan. 2022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0142694X21000879>. Acesso em: 2 de dez. de 2022.

GREGORY, S. A. (Ed.). **The Design Method**. London: Butterworths, 1966.

GROBMAN, Y. J.; YEZIORO, A.; CAPELUTO, I. G. Non-Linear Architectural Design Process. **International Journal of Architectural Computing**, v. 8, n. 1, p. 41–53, jan. 2010. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1260/1478-0771.8.1.41>. Acesso em: 27 de mar. de 2018.

GÜNTHER, H.; PINHEIRO, J. Q.; GUZZO, R. S. L. **Psicologia Ambiental. Entendendo as Relações do Homem com Seu Ambiente**. 3. ed. Campinas: Alínea, 2015.

HEARN, F. **Ideas que han configurado edificios**. Barcelona: Gustavo Gili, 2006.

HERSHBERGER, R. G. Architecture and Meaning. **Journal of Aesthetic Education**, v. 4, n. 4, p. 37–55, 1970. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3331285>. Acesso em: 28 de abr. de 2020.

HERSHBERGER, R. G. **Architectural Programming and Predesign Manager**. New York: McGraw Hill, 1999.

HEWITT, M. Representational Forms and Modes of Conception: An Approach to the History of Architectural Drawing. **Journal of Architectural Education**, v. 39, n. 2, p. 2–9, dez. 1985. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10464883.1985.10758387>. Acesso em 11 de mar. de 2020.

HOFMANN, S.; MOSEMGHVDLISHVILI, L. Perceiving spaces through digital augmentation: An exploratory study of navigational augmented reality apps. **Mobile Media & Communication**, v. 2, n. 3, p. 265–280, set. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/2050157914530700>. Acesso em: 6 de set. de 2018.

HOWARD, T. J.; CULLEY, S. J.; DEKONINCK, E. Describing the creative design process by the integration of engineering design and cognitive psychology literature. **Design Studies**, v. 29, n. 2, p. 160–180, mar. 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X08000173>. Acesso em: 23 de ago. de 2023.

KALAY, Y. E. **Architecture's New Media: Principles, Theories, and Methods of Computer-Aided Design**. Cambridge, London: The MIT Press, 2004.

KIPPER, G.; RAMPOLLA, J. **Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR**. 1. ed. Waltham: Syngress, 2013.

KOLAREVIC, B. **Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing**. London: Taylor & Francis, 2004.

KONTOVOURKIS, O. et al. Implementing Augmented Reality for the Holographic Assembly of a Modular Shading Device. *In*: EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURE DESIGN IN EUROPE - eCAADe, 37.; SOCIEDADE IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGraDi, 23., 2019, Porto. **Anais [...]**. Porto: Universidade do Porto, 2019. Disponível em: http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/ecaadesigradi2019_506. Acesso em: 23 de out. de 2019.

KOUNAVIS, C. D.; KASIMATI, A. E.; ZAMANI, E. D. Enhancing the Tourism Experience through Mobile Augmented Reality: Challenges and Prospects. **International Journal of**

Engineering Business Management, v. 4, p. 10, 1 jan. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5772/51644>. Acesso em 30 de jul. de 2017.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Humanization in Architecture: Analysis of Themes through Highschool Building Problems**. Tese de Doutorado—Berkeley: College of Environmental Design/University of California, 1980.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; MOREIRA, D. DE C. O programa arquitetônico. Em: KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. (Eds.). **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 101–108.

KRAWCZYK, R. J. Cellular Automata: Dying to Live Again, Architecture, Art, Design. Em: ADAMATZKY, A.; MARTÍNEZ, G. J. (Eds.). **Designing Beauty: The Art of Cellular Automata**. Emergence, Complexity and Computation. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 39–52.

KUMLIN, R. **Architectural Programming: Creative Techniques for Design Professionals**. New York: McGraw Hill, 1995.

LAIGNIER, P.; FORTES, R. (EDS.). **Introdução à História da Comunicação**. Rio de Janeiro: Editora E-papers, 2009.

LASEAU, P. **Graphic Thinking for Architects and Designers**. 3. ed. Nova York: John Wiley & Sons, 2001.

LAWSON, B. **How Designers Think: The Design Process Demystified**. 4. ed. [s.l.] Routledge, 2006.

LEE, J.-J. The True Benefits of Designing Design Methods. **Artifact**, v. 3, n. 2, p. 5.1-5.12, ago. 2014. Disponível em: <https://scholarworks.iu.edu/journals/index.php/artifact/article/view/3951>. Acesso em 23 de ago. de 2023.

LEIRINGER, R.; CARDELLINO, P. Schools for the twenty-first century: school design and educational transformation. **British Educational Research Journal**, v. 37, n. 6, p. 915–934, dez. 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/01411926.2010.508512>. Acesso em: 4 de ago. de 2016.

LITTLEJOHN, S. W.; FOSS, K. A. **Theories of Human Communication: Tenth Edition**. Long Grove: Waveland Press, 2011.

LIU, Y.-C. et al. Innovation-supporting tools for novice designers: Converting existing artifacts and transforming new concepts. **Advances in Mechanical Engineering**, v. 8, n. 6, p. 1-14, jun. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1177/1687814016651370>. Acesso em 17 de jul. de 2017.

LLOYD, P. You make it and you try it out: Seeds of design discipline futures. **Design Studies**, v. 65, p. 167–181, nov. 2019. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X19300675>. Acesso em 23 de ago. de 2023.

MARTÍNEZ, A. C. **Ensaio sobre o projeto**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2000.

MILTIADIS, C. Project anywhere: An interface for virtual architecture. **International Journal of Architectural Computing**, v. 14, n. 4, p. 386–397, dez. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1478077116670746>. Acesso em: 6 de set. de 2018

MIRCHANDANI, N.; WRIGHT, S. **Future Schools: Innovative Design for Existing and New Buildings**. Newcastle upon Tyne: RIBA Publishing, 2015.

MITCHELL, W. J. **A lógica da arquitetura: projeto, computação e cognição**. Campinas: Editora da UNICAMP, 2008.

MONTANER, J. M. **Do diagrama às experiências, rumo a uma arquitetura de ação**. Tradução: M. L. A. L Paz. São Paulo: Gustavo Gili, 2017.

MONTANER, J. P. **A condição contemporânea da arquitetura**. Tradução: Alexandre Salvaterra. São Paulo: Gustavo Gili, 2016.

MONTENEGRO, G. A. **Desenho arquitetônico**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2001.

MOREIRA, D. DE C. **Os princípios da síntese da forma e a análise de projetos arquitetônicos**. Tese—Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2007.

MOREIRA, L. C. DE S. **O manual do proprietário da edificação assistido pela Realidade Aumentada**. Tese—Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2018.

MOREIRA, L.; RUSCHEL, R. Realidade Aumentada para a Montagem, Manutenção e Operação da Edificação: Revisão Sistemática de Literatura. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO - SBTIC, 1.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO - SIBRAGEC, 10., 2017. **Anais [...]**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322661349_Realidade_Aumentada_para_a_Montagem_Manutencao_e_Operacao_da_Edificacao_Revisao_Sistemica_de_Literatura. Acesso em: 26 de jan. de 2018.

MOSER, G. Psicologia ambiental. **Estudos de psicologia (Natal)**, v. 3, n. 1, p. 121–130, 1998. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-294X1998000100008&script=sci_arttext. Acesso em: 8 de out. de 2016.

NAIR, P.; FIELDING, R.; LACKNEY, J. **The Language of School Design: Design Patterns for 21st Century Schools**. Minneapolis: DesignShare, 2013.

OKAMOTO, J. **Percepção Ambiental e Comportamento: Visão Holística da Percepção Ambiental na Arquitetura e na Comunicação**. São Paulo: Plêiade, 1996.

OXMAN, R.; OXMAN, R. New Structuralism: Design, Engineering and Architectural Technologies. **Architectural Design**, v. 80, n. 4, p. 14–23, 2010. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ad.1101>. Acesso em: 27 de mai. de 2020.

PICON, A. **Digital Culture in Architecture**. Basel: Birkhäuser, 2010.

PIGNATARI, D. **Informação. Linguagem. Comunicação**. Cotia: Ateliê Editorial, 2003.

PINA, S. A. M. G.; BORGES FILHO, F.; MARANGONI, R. F. Maquetes e modelos como estímulo à criatividade no projeto arquitetônico. Em: KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. (Eds.). **O Processo de Projeto em Arquitetura: da Teoria à Tecnologia**. 1. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2011.

PRABASWARI, A.; BASUMERDA, C.; UTOMO, B. The Mental Workload Analysis of Staff in Study Program of Private Educational Organization. *In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 528, p. 012018, jun. 2019.

RICHARDS, J. C.; SCHMIDT, R. W. **Language and Communication**. London, New York: Routledge, 2014.

RIGHI, T. A. F.; CELANI, G. Displays Interativos. Em: KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. (Eds.). **O Processo de Projeto em Arquitetura: da Teoria à Tecnologia**. Edição: 1 ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2011. p. 486–504.

RITTEL, H. W. J.; WEBBER, M. M. Dilemmas in a General Theory of Planning. **Policy Sciences**, v. 4, n. 2, p. 155–169, 1973. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/4531523>. Acesso em: 10 de nov. de 2020.

ROBERTSON, S.; ROBERTSON, J. **Mastering the Requirements Process: Getting Requirements Right**. New Jersey: Pearson Education, 2013.

ROCHA, B. M. Novos olhares e desafios da complexidade na epistemologia projetual. **PÓS. REVISTA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO DA FAUUSP**, v. 23, n. 39, p. 102–119, 4 jul. 2016. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/posfau/article/view/110239>. Acesso em: 13 de nov. de 2023.

ROCHA, I. A. M. O ato criativo e a intermediação digital no ateliê de projeto. Idéia, imagem e representação na construção do conhecimento arquitetônico. **Arquitetura Revista**, v. 1, n. 1, 2005. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193616190005>. Acesso em: 13 de nov. de 2023.

ROTH, L. M. **Entender a arquitetura: seus elementos, história e significado**. Tradução: J. Canêdo. São Paulo: Gustavo Gili, 2017.

ROWE, P. G. **Design Thinking**. Cambridge; London: The MIT Press, 1992.

SAMPAIO, A. Z.; HENRIQUES, P. G.; MARTINS, O. P. Virtual Reality Technology Used in Civil Engineering Education. **The Open Virtual Reality Journal**, v. 2, n. 1, set. 2010. Disponível em: <https://benthamopen.com/ABSTRACT/TOVRJ-2-18>. Acesso em: 27 de jul. de 2017.

SANOFF, H. **Visual research methods in design**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

SCHNABEL, M. A. The Immersive Virtual Environment Design Studio. Em: **Collaborative Design in Virtual Environments**. Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering. London, New York: Springer, Dordrecht, 2011. p. 177–191.

SCHÖN, D. **The reflective practitioner**. Nova York: Basic Books, 1983.

SEICHTER, H. Augmented Reality Aided Design. **International Journal of Architectural Computing**, v. 1, n. 4, p. 449–460, dez. 2003. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1260/147807703773633464>. Acesso em: 6 de set. de 2018.

SERRA, P. DE S.-M. New Approaches to Representation in Conceptual Design. **International Journal of Architectural Computing**, v. 12, n. 4, p. 359–378, dez. 2014. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1260/1478-0771.12.4.359>. Acesso em 28 de mar. de 2018.

SHI, Z. et al. Novel individual location recommendation with mobile based on augmented reality. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v. 12, n. 7, p. 1550147716657266, jul. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1177/1550147716657266>. Acesso em: 17 de jul. de 2017.

SÖRQVIST, P. Grand Challenges in Environmental Psychology. **Environmental Psychology**, p. 583, 2016. Disponível em: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2016.00583/full>. Acesso em: 7 de out. de 2016.

SOUZA, L. N. DE. **Arquitetura escolar, parâmetros de projeto e modalidades de aprendizagem**. Dissertação—Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2018.

SPERLING, D. M. **Arquiteturas contínuas e topologia: similaridades em processo**. Dissertação—São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003.

SUH, N. P. **The Principles of Design**. New York: Oxford University Press, 1990.

SUMMERSON, J. **A linguagem clássica da arquitetura**. Tradução: Sylvia Ficher. 5. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2009.

SUNDARAMOORTHY, S. **UML Diagramming: A Case Study Approach**. Boca Raton: Auerbach Publications, 2022.

TAYLOR, A. P. **Linking Architecture and Education: sustainable design for learning environments**. New Mexico: University of New Mexico Press, 2009.

TOMASELLO, M. **A Natural History of Human Thinking**. Cambridge, London: Harvard University Press, 2014.

TONN, C. et al. Spatial Augmented Reality for Architecture — Designing and Planning with and within Existing Buildings. **International Journal of Architectural Computing**, v. 6, n. 1, p. 41–58, jan. 2008. Disponível em:

<http://journals.sagepub.com/doi/10.1260/147807708784640126>. Acesso em: 6 de set. de 2018.

TUFTE, E. R. **Envisioning Information**. Cheshire, Connecticut: Graphic Press, 1990.

UNWIN, S. **Vinte edifícios que todo arquiteto deve compreender**. Tradução: M. B. Cipolla. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2013.

VAN DER VOORDT, T. J. M.; VAN WEGEN, H. B. R. **Arquitetura sob o olhar do usuário: programa de necessidades, projeto e avaliação de edificações**. Tradução: Maria Beatriz Medina. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

VOVK, A. et al. **Simulator Sickness in Augmented Reality Training Using the Microsoft HoloLens**. Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. **Anais...**: CHI '18. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, abr. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3173574.3173783>>. Acesso em: 10 nov. 2020

WALDEN, R. (ED.). **Schools for the Future: Design Proposals from Architecture Psychology**. Göttingen: Hogrefe & Huber Publishers, 2009.

WANG, X. Augmented Reality in Architecture and Design: Potentials and Challenges for Application. **International Journal of Architectural Computing**, v. 7, n. 2, p. 309–326, jun. 2009. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1260/147807709788921985>. Acesso em: 6 de set. de 2018.

WHITE, E. T. **Introduction to Architectural Programming**. [s.l.] Architectural Media, 1972.

WHITE, E. T. **Space Adjacency Analysis: Diagramming Information for Architectural Design**. Tucson: Architectural Media, 1995.

WÖLFFLIN, H. **Conceitos fundamentais da história da arte: o problema da evolução dos estilos na arte mais recente**. Tradução: J. Azenha Junior. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

WOOLNER, P. **The Design of Learning Spaces**. London: Future Schools, 2010.

WOOLNER, P. et al. A school tries to change: How leaders and teachers understand changes to space and practices in a UK secondary school. **Improving Schools**, v. 17, n. 2, p. 148–162, jul. 2014. Disponível em: <http://imp.sagepub.com.ez88.periodicos.capes.gov.br/content/17/2/148>. Acesso em 17 de ago. de 2016.

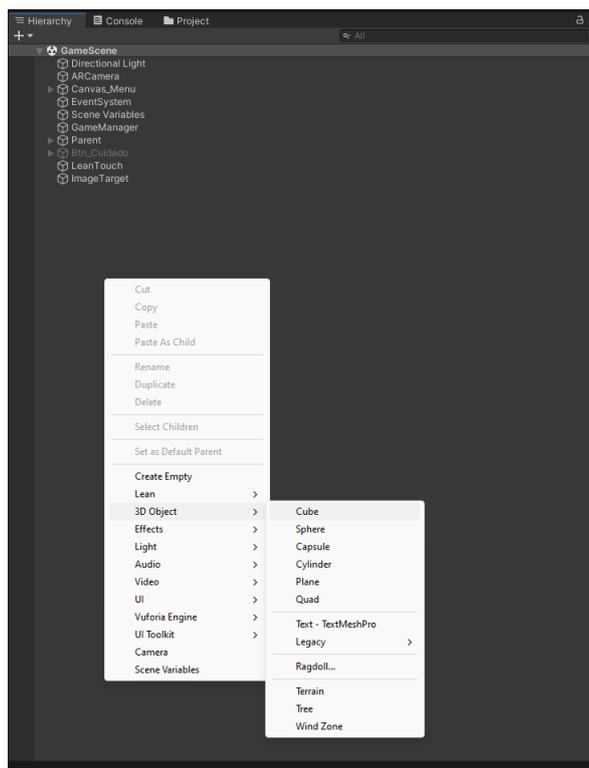
YABUKI, N. et al. Impact of Collaborative Virtual Environments on Design Process. Em: **Collaborative Design in Virtual Environments**. Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering. London, New York: Springer, Dordrecht, 2011. p. 103–110.

ZEVI, B. **Saber ver a arquitetura**. Tradução: M. I. Gaspar; Tradução: M. de O. Gaëtan. Edição: 6ª ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2011.

APÊNDICE A

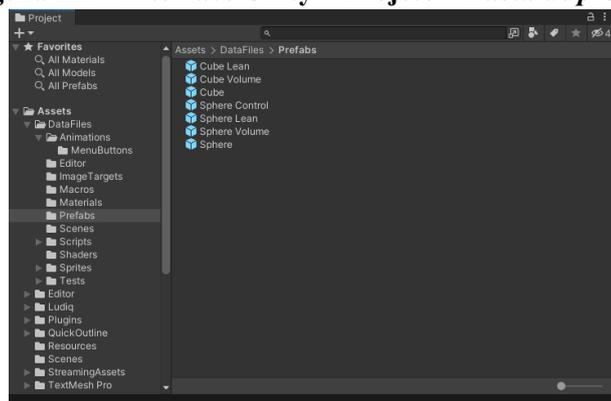
Antes de discorrer sobre a criação dos EBs, contudo, é necessário apresentar mais alguns detalhes da própria interface do software de modo a entender a criação e alocação dos itens em seu interior. Indicou-se no texto que a interface se divide em áreas de visualização e construção. Em construção, temos a janela *Scene* (ou cena, usada enquanto para visualizar os objetos enquanto são criados), a janela *Hierarchy* (ou hierarquia, onde é inserido todo elemento que será trabalhado, desde objetos 3D até itens de interface, que são chamados de *Game Objects* ou GO), a janela *Project* (ou projeto, onde está localizada todas as pastas de documentação criada para o projeto e utilizada para sua construção, que inclui, mas não se resume a, scripts, imagens, fontes e pacotes interativos), e, por fim, a janela *Inspector* (ou inspetor, onde são realizadas todas as alterações dos parâmetros dos GOs). Em visualização há a janela *Game* (usada quando é dado *Play* no “jogo” para mostrar uma prévia funcional do comportamento da aplicação em desenvolvimento). Assim, é possível quase que instantaneamente visualizar o que é criado e seu comportamento.

É importante entender a relação dessas janelas do software de desenvolvimento porque a criação dos EBs depende da interação entre elas. Notadamente, as categorias área e agrupamento, que tem como base gráfica cubos e esferas dependeram da criação de GOs pré-definidos na hierarquia na opção “3D Object” (**Figura A1**). Seus parâmetros poderiam ser modificados no inspetor, contudo, como a intenção é deixar todas as edições de cor, forma e posição nas mãos dos usuários da aplicação, decidiu-se por mantê-los ali em seu estado padrão.

Figura A1 – Interface Unity – Hierarquia – Criação de *Game Object* – 3D *Object*

Fonte: A autora (2023)

Seguiu-se à essa ação a criação dos chamados *prefabs* que são GOs que se tornam elementos fixos e que podem ser reaplicados tendo sempre mantidas as suas características. Para tanto, basta transformar um GO criado na hierarquia para a janela de projeto, em pasta previamente definida (**Figura A2**). Assim é possível criar o objeto apenas uma vez e acessá-lo e replicá-lo na hierarquia quantas vezes forem necessárias, ainda que em cenas distintas. Além disso, esse processo é importante, uma vez que qualquer alteração que se deseje fazer em um *prefab* se aplica automaticamente em todas as suas réplicas.

Figura A2 – Interface Unity – Projeto – Pasta de *prefabs*

Fonte: A autora (2023)

No desenvolvimento dessa aplicação, os *prefabs* não foram levados diretamente, ou manualmente, à hierarquia de uma cena. Ao contrário, eles são “convocados” ou, como chamado na Unity, instanciados a partir de interações com a interface. Essa instanciação é controlada por código C#. A classe `InstantiationManager` associa cada *prefab* a um botão que, quando ativado, invoca um elemento à hierarquia e, conseqüentemente, este aparece na cena e no *Game*. Parte desse processo pode ser visto no **Código A1** transcrito abaixo, onde pode-se destacar a necessidade da utilização do método, ou função, `LoadCube` que vai de fato invocar um elemento e carregá-lo. Nota-se que todos os passos são pensados em conjunto e, por isso, o código é atualizado seguidas vezes, na medida em que o desenvolvimento do sistema avança.

Código A1 – InstantiationManager – Carregar volumes na cena

```

public GameObject Load(Form form, bool isTransparent)
{
    GameObject modelObject;

    if (form.GetFormType() == FormType.Cube)
    {
        modelObject = LoadCube(parent.gameObject, form);

        if (isTransparent)
        {
            modelObject.GetComponent<MeshRenderer>().material =
transparentCube;
        }
        gameManager.colorManager.ChangeColor((int) form.pp,
modelObject);
    }
    else
    {
        modelObject = SpawnSphere(parent.gameObject, isTransparent);

        if (isTransparent)
        {
            modelObject.GetComponent<MeshRenderer>().material =
transparentSphere;
        }
        gameManager.colorManager.ChangeColor((int) form.pp - 4,
modelObject);
    }

    modelObject.SetActive(true);

    if (Instantiation != null && modelObject != null)
    {
        Instantiation(modelObject);
    }

    Debug.Log("Loaded Cube");
}

```

Todas as definições de cores, textura (se opaca ou transparente), e liberdade de movimento e alteração de dimensões também foram descritas por meio de script em C#. Na classe ColorManager (**Código A2** transcrito abaixo) foram definidas as variáveis das oito cores possíveis (rosa, amarelo, laranja, vermelho, azul, verde, roxo e cinza), além da cor base (branco) definidas utilizando o sistema RGB variando de 0 a 1 (e não de 0 a 255 como normalmente se encontra). Para serem aplicadas, essas variáveis serão posteriormente chamadas utilizando a função ChangeColor, através de interações específicas com a interface que designará cores aos EBs. De forma similar, a transparência é aplicada.

Código A2 – ColorManager – Definição de cores de cubos e esferas

```
public class ColorManager : MonoBehaviour
{
    private GameManager gameManager;

    private float darkeninFactor = 0.8f;
    private float lighteningFactor = 1.25f;

    readonly Color White = new Color(1, 1, 1);
    readonly Color Pink = new Color(0.7960784f, 0.003921569f, 0.372549f);
    readonly Color Yellow = new Color(1f, 0.9098039f, 0.1176471f);
    readonly Color Orange = new Color(1f, 0.3335596f, 0f);
    readonly Color Red = new Color(0.7960784f, 0f, 0f);
    readonly Color Blue = new Color(0.4745098039f, 0.7882352941f,
0.6196078431f);
    readonly Color Green = new Color(0.3411764706f, 0.7215686275f, 1f);
    readonly Color Purple = new Color(0.5411764706f, 0.3098039216f, 1f);
    readonly Color Grey = new Color(0.3450980392f, 0.2941176471f,
0.3254901961f);
    List<Color> cubeColors;
    List<Color> sphereColors;
}
```

É possível criar dois tipos de formas geométricas, cubos e esferas. Ao criar uma dessas duas opções, deve-se especificar se o objeto é transparente ou não, ou seja, escolher se está sendo incluído elemento da categoria área ou agrupamento. Vale ressaltar que, uma vez criado o objeto, não é possível mudar esta característica dele. Se tal inserção foi incorreta, o elemento deve ser excluído para aquele da categoria desejada ser incluído. Além disso, é possível selecionar dentre os objetos criados aquele com o qual se deseja interagir, feito isso, é permitido mudar algumas das características do corpo selecionado.

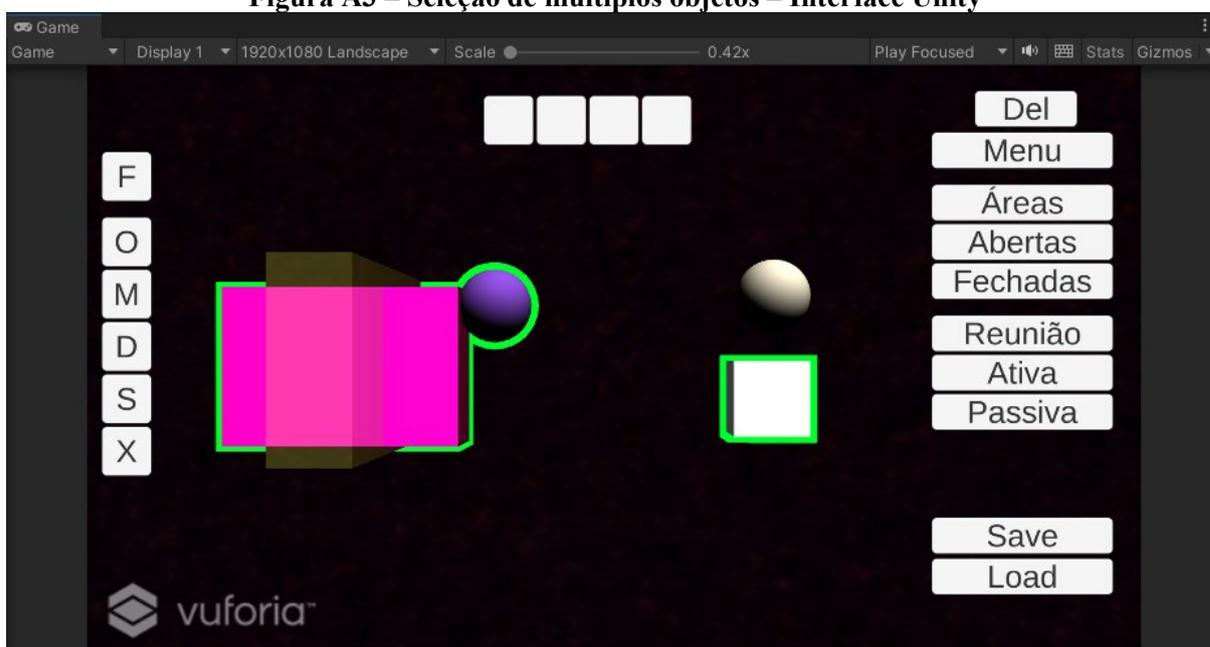
A posição do objeto pode ser alterada nos 3 eixos. A rotação tem efeito visível apenas para o cubo, que pode ser rotacionado em ângulos fixos de 90° nos 3 eixos. A escala pode ser alterada tanto para o cubo quanto para a esfera. As dimensões do cubo podem ser modificadas nos três eixos, enquanto para a esfera esse comando não é permitido, de forma que tal volume não se torne uma elipse. Os objetos são criados inicialmente na cor-base branca, mas esta pode ser alterada para quatro cores predeterminadas, distintas para ambas as geometrias.

A **Figura A3** mostra a janela *Game* com cubos e esferas criadas em sua forma base (formas à direita) e com alterações (formas à esquerda). A interface vista nessa imagem ainda se encontra em sua forma inicial utilizada durante o processo de criação e validação das funcionalidades. Ao serem incluídos novos elementos na tela, a janela de hierarquia mostra, no *GO Parent*, a instanciação de GOs filhos.

Uma forma de interagir com múltiplos objetos simultaneamente é selecionar vários objetos e realizar a mesma operação em todos eles. Exemplificando, é possível selecionar dois

cubos e, ao mover um deles, deslocar também o segundo, ao mesmo tempo. Interações com mais de um objeto são válidas para as operações de translação, rotação e escala. Sendo assim, quando se está nesse modo, as opções de mudança de cor e de dimensão por eixo ficam desabilitadas. Isto pode ser visto na **Figura A3** a partir da mesma cena mostrada na imagem anterior, na qual o contorno verde indica os objetos selecionados (contorno verde). A mesma mudança de posição é aplicada em todos ao mesmo tempo, enquanto as formas não selecionadas permanecem inalteradas.

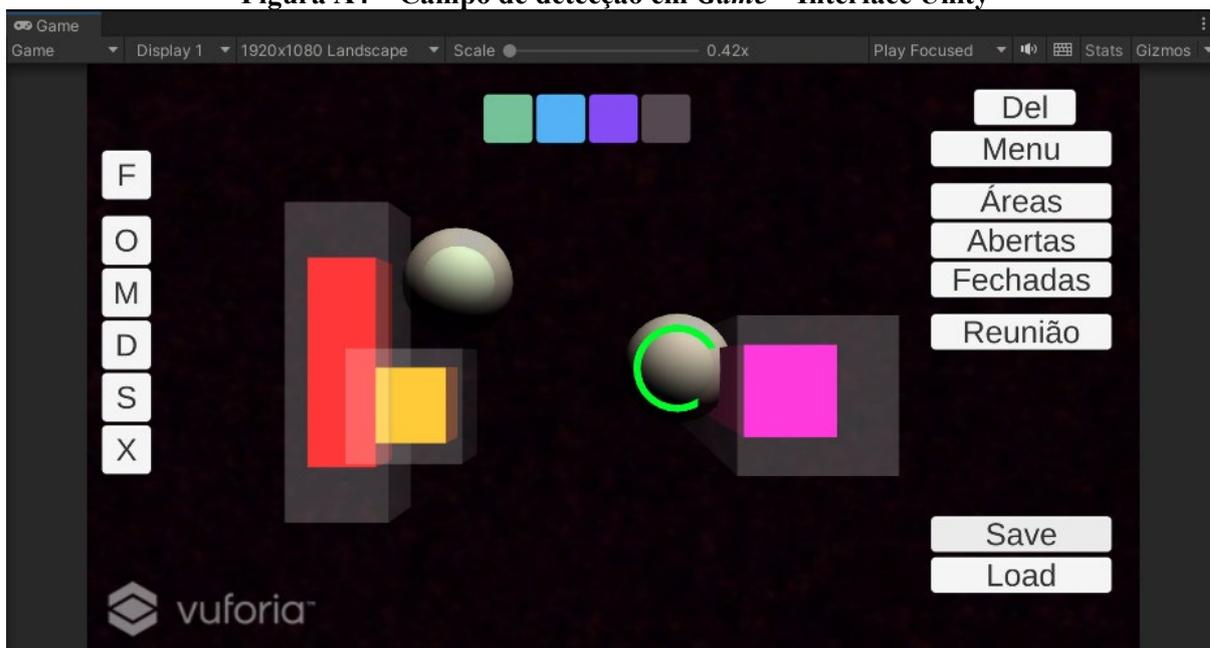
Figura A3 – Seleção de múltiplos objetos – Interface Unity



Fonte: A autora (2023)

Por sua vez, a categoria cuidado e conforto, nos três itens que foram incluídos que corresponde aos da subcategoria relação, e que dependiam de captar as formas associações entre dois elementos ou mais, outro código foi criado. Usando a classe `ObjectCollider`, análises de distanciamento e colisão foram realizadas. Este processo é feito de forma automática com base em regras de distância a partir do `CollisionManager`, cujo resultado de análise gera matriz de adjacência apresentada aqui, no corpo do texto. Para compreender se os elementos estavam apenas próximos, se interagem face-a-face ou se interseccionavam, foi criada um campo de detecção ao redor de cada objeto (apenas visível se ativado para os desenvolvedores). Esse campo corresponde a um *offset* na forma (volume circunscrito) e permite avaliar precisamente suas posições (**Figura A4**).

Figura A4 – Campo de detecção em *Game* – Interface Unity



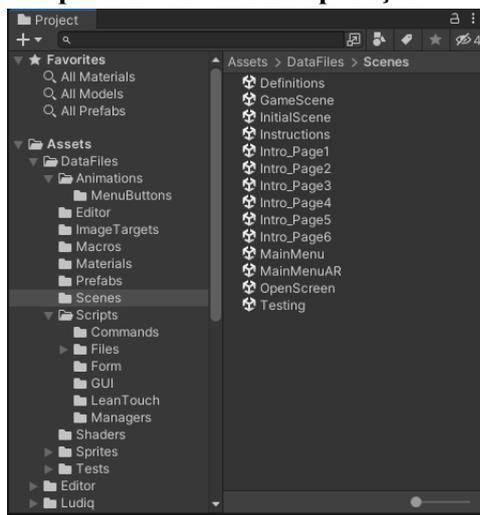
Fonte: A autora (2023)

Adicionalmente, o software desenvolvido tem o recurso de carregar e salvar o progresso entre sessões, que funciona por meio da escrita em arquivos. O primeiro passo foi determinar quais objetos de cada cena deveriam ser salvos. Concluiu-se, após análise, que os componentes *Transform* e *Form* precisam ser salvos. O primeiro se refere ao conjunto de posição, escala e rotação do objeto, o segundo é um componente criado para gerir as informações de cada objeto, principalmente as relacionadas às especificidades da pesquisa. A etapa seguinte foi a de serialização, processo de converter em texto essas informações, para que pudessem ser escritas em arquivos. As classes como *GameData*, *Data Persistence Manager* e *File DataHandler*, junto da biblioteca Newtonsoft Json, foram criadas com essa finalidade. Uma vez que os dados são serializados, eles são escritos em um arquivo *JSON* (Javascript Object Notation), o qual funciona como alternativa mais simples e leve ao XML ao armazenar informações estruturadas e transferir dados entre um servidor e um cliente sem depender de uma linguagem de programação específica.

De posse do protótipo apresentado no tópico de Alternativas de design e prototipagem, a implementação das funções da interface ocorre diretamente na Unity. As telas do aplicativo correspondem a diferentes cenas criadas na Engine e armazenadas na documentação do projeto (**Figura A5**). A transição de uma tela para outra é efetivada pelo código de classe *SceneTransition*, que se relaciona à *SceneManager*, classe nativa da Unity que orienta ações de carregamento de cenas, convocando-as individualmente pelos seus nomes

(*strings*, indicadas entre aspas no código) a partir de determinado comando (**Código A3** transcrito abaixo). Os *scripts* com tais comandos são associados a botões, os quais são inseridos na hierarquia (**Figura A6**), como GOs filhos do *Canvas* (GO pai que pertence ao grupo de UI), e têm seus parâmetros manuseados no painel de inspeção (**Figura A7**).

Figura A5 – Cenas para a interface da aplicação – Interface da Unity

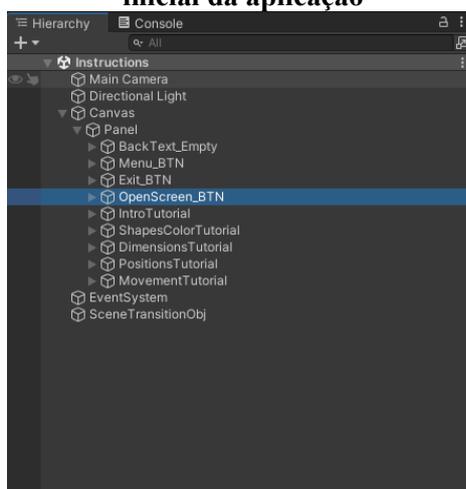


Fonte: A autora (2023)

Código A3 – Código com ação para carregar cena identificada por *string*

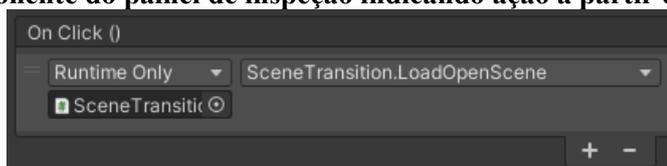
```
public void LoadOpenScene() //give any name
{
    SceneManager.LoadScene("OpenScreen");
}
```

Figura A6 – Hierarquia de cena com destaque ao GO correspondente ao botão que leva à tela inicial da aplicação



Fonte: A autora (2023)

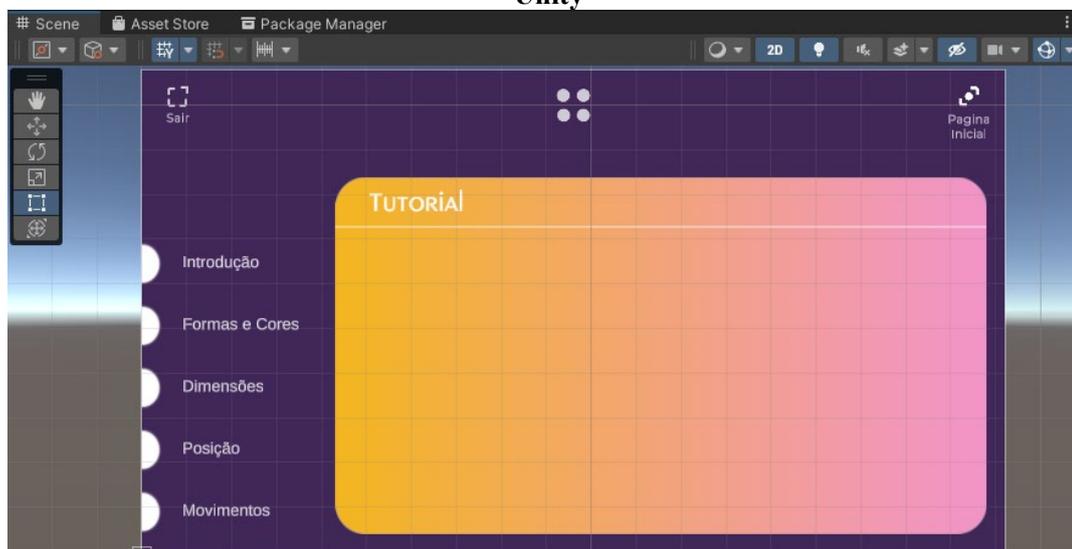
Figura A7 – Componente do painel de inspeção indicando ação a partir do Evento “OnClick”



Fonte: A autora (2023)

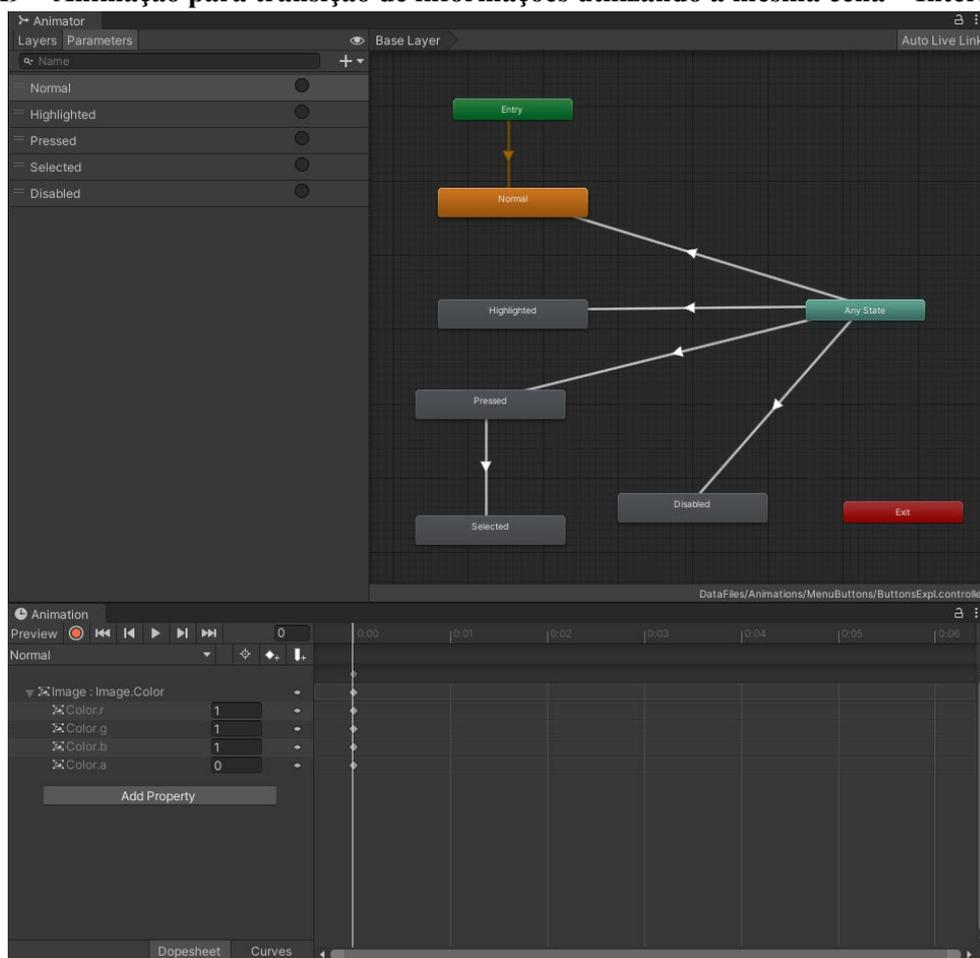
De maneira especial, transições também podem ser criadas em formato de Animação. Essa construção específica foi escolhida apenas para transitar entre informações dentro de uma mesma cena, como é o caso das cenas de Tutorial e Definições, como pode-se notar no exemplo da **Figura A8**, que contém um menu lateral para navegação entre informações diferentes, mas de mesma natureza. A animação (*Animation*), responsável por indicar a resposta visual da interface, foi incluída na **Figura A9** (quadro inferior). Nota-se ali que há alteração em parâmetros de cor de uma imagem. Animações sempre estão associadas a um *Animator* (**Figura A9**, quadro superior), que indica momentos de transição entre estados de interação; *Normal*, ou estado sem ação, *Highlighted*, ou estado em que um ponteiro se posiciona em cima do botão, *Pressed*, ativado ao pressionar o botão, *Selected*, ao selecionar o botão; *Disabled*, caso o botão seja desativado. Para cada estado, há uma resposta visual que foi definida na animação.

Figura A8 – Cena que possui transição de informações controladas por animação – Interface Unity



Fonte: A autora (2023)

Figura A9 – Animação para transição de informações utilizando a mesma cena – Interface Unity



Fonte: A autora (2023)

Os itens gráficos da interface, plano de fundo, quadros e imagens são adicionados na documentação do projeto e devem ter seu tipo de textura alterado para *Sprite (2D and UI)*. Cada botão ou quaisquer outros elementos desse grupo foram criados utilizando o software *Illustrator*, salvos como imagem no formato .png para posteriormente serem importados na Unity. Em sequência, cada item é associado ao botão correspondente criado na hierarquia utilizando o painel de inspeção. Dessa forma é possível compor o design gráfico de cada cena (ou tela) da interface.

APÊNDICE B

FICHA PARA RECRUTAMENTO

Se você possui formação em Arquitetura e Urbanismo e tem interesse em ser voluntário para testar um aplicativo em Realidade Aumentada, gostaríamos de convidá-lo a preencher seus dados neste formulário. Nele solicitamos seu nome, informações de contato e disponibilidade para participar em uma pesquisa de doutorado intitulada “**O programa de necessidades da arquitetura escolar e o auxílio da Realidade Aumentada**”.

Doutoranda: Larissa Negrís de Souza

Orientação: Prof. Dr. Daniel de Carvalho Moreira

Iniciação Científica: Lucca Ferreira Paiva

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo | FECFAU

Universidade Estadual de Campinas | UNICAMP

Financiamento: FAPESP (Processo nº 2018/15863-8)

Após o fornecimento dos dados, a pesquisadora utilizará as informações exclusivamente para entrar em contato com os voluntários e agendar dias e horários para realização dos testes. Os encontros serão realizados no Laboratório de Automação e Metodologia de Projeto (LAMPA), localizado na UNICAMP.

Cada teste será realizado individualmente seguindo as etapas:

- Preenchimento de questionário para identificação do perfil do voluntário (perguntas sociodemográficas e profissionais) – **5 minutos**;
- Explicação geral sobre o funcionamento da aplicação – **5 a 10 minutos**;
- Explicação da tarefa a ser realizada – **5 a 10 minutos**;
- Uso da aplicação para realização da tarefa – **30 a 40 minutos**;
- Preenchimento de questionário para avaliação da carga de trabalho – **10 a 15 min**;

O tempo total estimado é de **55 minutos a 1h20 minutos**.

Você é formado em Arquitetura e Urbanismo?

Sim

Não

Se sim, escreva seu nome: _____

Qual sua informação de contato de preferência? Escreva:

e-mail _____

ligação _____

whatsapp _____

Os melhores dias da semana e horários para você são:

- Segundas – período da manhã
- Segundas – período da tarde
- Terças – período da manhã
- Terças – período da tarde
- Quartas – período da manhã
- Quartas – período da tarde
- Quintas – período da manhã
- Quintas – período da tarde
- Sextas – período da manhã
- Sextas – período da tarde

APÊNDICE C

QUESTIONÁRIO 1 – IDENTIFICAÇÃO DO PERFIL

Pesquisa de Doutorado:

O PROGRAMA DE NECESSIDADES DA ARQUITETURA ESCOLAR E O AUXÍLIO DA REALIDADE AUMENTADA

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

Universidade Estadual de Campinas

Doutoranda: Larissa Negris de Souza

Orientador: Prof. Dr. Daniel de Carvalho Moreira

Iniciação Científica: Lucca Ferreira Paiva

PERGUNTAS SOCIODEMOGRÁFICAS

1. Com que gênero você mais se identifica?

- Feminino
- Masculino
- Outro: _____
- Prefiro não identificar

2. Qual a sua idade?

- 18 a 24 anos
- 25 a 29 anos
- 30 a 34 anos
- 35 a 39 anos
- 40 a 44 anos
- 45 a 49 anos
- 50 a 54 anos
- 55 a 59 anos

PERGUNTAS PROFISSIONAIS

3. Em que ano se formou no seu curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo?
- Antes de 1980
 - 1980-1989
 - 1990-1999
 - 2000-2009
 - 2010-2019
 - Depois de 2020
4. Considerando o período após a sua formação, você trabalha/trabalhou (mercado ou academia) com (marque mais de uma opção, se necessário):
- Mercado (em escritório próprio ou contratado)
 - Academia (como professor ou pesquisador)
5. Em seu trabalho (mercado ou academia) você alguma vez utiliza recursos digitais 3D (softwares para projeto)? (marque apenas uma opção)
- Diariamente
 - Quase sempre
 - Às vezes
 - Raramente
 - Nunca
6. Se sim, qual tipo de recurso digital 3D utiliza? (marque mais de uma opção, se necessário)
- | | |
|-------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> SketchUP | <input type="checkbox"/> Lumion |
| <input type="checkbox"/> Revit | <input type="checkbox"/> Unreal |
| <input type="checkbox"/> Archicad | <input type="checkbox"/> Unity |
| <input type="checkbox"/> 3DSMax | <input type="checkbox"/> Outro (cite todos que utiliza): |
| <input type="checkbox"/> Rhinoceros | _____ |
| <input type="checkbox"/> V-Ray | _____ |

7. Em seu dia a dia (fora do período de trabalho) você alguma vez utiliza recursos digitais 3D (jogos, showroom, educação)? (marque apenas uma opção)

- Diariamente
- Quase sempre
- Às vezes
- Raramente
- Nunca

Se sim, qual(quais)?

8. Você tem familiaridade com (marque mais de uma opção, se necessário):

- Aplicativos em Realidade Aumentada
- Aplicativos em Realidade Virtual
- Tablet
- Smartphone
- Óculos para Realidade Aumentada
- Óculos para Realidade Virtual

9. Em seu trabalho (mercado ou pesquisa), você lida com que etapa(s) do processo de projeto? (marque mais de uma opção, se necessário)

- Inicial
- Desenvolvimento
- Renderização
- Compatibilização
- Apresentação/Representação
- Outra: _____

APÊNDICE D

QUESTIONÁRIO 2 – APÓS O TESTE DA APLICAÇÃO

Pesquisa de Doutorado:

O PROGRAMA DE NECESSIDADES DA ARQUITETURA ESCOLAR E O AUXÍLIO DA REALIDADE AUMENTADA

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

Universidade Estadual de Campinas

Doutoranda: Larissa Negris de Souza

Orientador: Prof. Dr. Daniel de Carvalho Moreira

Iniciação Científica: Lucca Ferreira Paiva

Você será questionado com base nesses conceitos sobre a realização da tarefa:

DEMANDA MENTAL

Atividade mental requerida para a realização do trabalho (pensar, decidir, calcular, lembrar, olhar, procurar etc.).

DEMANDA FÍSICA

Atividade física requerida para a realização do trabalho (empurrar, puxar, girar, controlar, levantar etc.) – no caso, considerar interações manuais com o tablet e aplicativo

DEMANDA TEMPORAL

Nível de pressão imposto para a realização do trabalho.

PERFORMANCE

Nível de satisfação com o desempenho pessoal para a realização do trabalho.

ESFORÇO

O quanto se tem que trabalhar física e mentalmente para atingir um nível desejado de performance ou desempenho.

NÍVEL DE FRUSTRAÇÃO

Nível de fatores que inibem a realização do trabalho (insegurança, desencorajamento, irritação, estresse etc.).

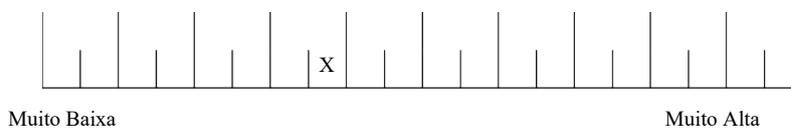
Para cada par apresentado, qual você considera como mais importante/útil, em termos de carga de trabalho, para a tarefa que você acabou de realizar?

Exemplo

Demanda Física	<input type="checkbox"/>	X	<input checked="" type="checkbox"/>	Demanda Mental
Esforço	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	Performance
Demanda Temporal	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	Frustração
Demanda Temporal	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	Esforço
Demanda Física	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	Frustração
Performance	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	Frustração
Demanda Física	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	Demanda Temporal
Demanda Física	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	Performance
Demanda Temporal	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	Demanda Mental
Frustração	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	Esforço
Performance	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	Demanda Mental
Performance	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	Demanda Temporal
Demanda Mental	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	Esforço
Demanda Mental	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	Demanda Física
Esforço	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	Demanda Física
Frustração	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	Demanda Mental

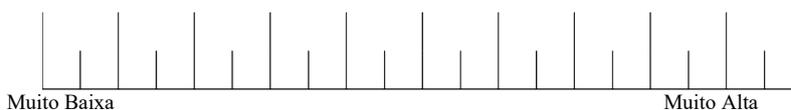
Para cada uma das seis escalas, avalie a tarefa que você realizou com uma marca que corresponde à sua experiência. Considere cada escala individualmente.

Exemplo



Demanda Mental

A quantidade de atividade mental e de percepção que a tarefa necessita foi ...?



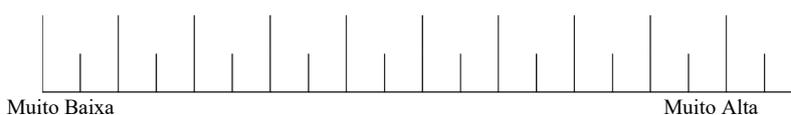
Demanda Física

A quantidade de atividade física necessária foi ...?



Demanda Temporal

A pressão de tempo que você sentiu foi ...?



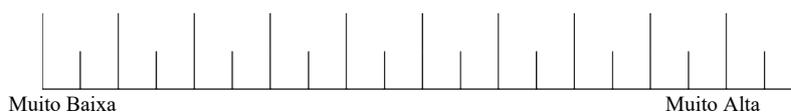
Performance

A sua satisfação no desempenho da tarefa foi ...?



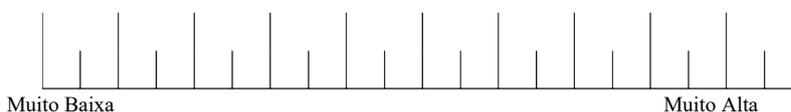
Esforço

O esforço (mental e físico) para atingir o desempenho foi ...?



Frustração

A sua insegurança / irritação / stress durante a realização da tarefa foi ...?



APÊNDICE E

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O programa de necessidades da arquitetura escolar e o auxílio da Realidade Aumentada
Larissa Negris de Souza, Prof. Dr. Daniel de Carvalho Moreira, Lucca Ferreira Paiva
Número do CAAE: 71022723.1.0000.8142

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante da pesquisa e é elaborado em duas vias, assinadas pelo pesquisador e pelo participante, sendo que uma via deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

Esta pesquisa é desenvolvida na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FECFAU) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e financiada pela FAPESP (Processo nº 2018/15863-8).

Dentro das diversas aplicações de Realidade Aumentada em Arquitetura, esta pesquisa concentra seu uso na fase do programa, estudando e propondo a expansão de outras análises já realizadas nessa etapa, como o uso de Diagrama de Bolhas e Matriz de Relacionamentos.

Com o objetivo de caracterizar a representação gráfica de informações relacionadas ao programa arquitetônico de edifícios educacionais e verificar sua inserção em Realidade Aumentada (RA), pretende-se **analisar a representação gráfica de Parâmetros de Projeto (PPs) de escolas em ferramenta dessa natureza e avaliar a interação de profissionais da área de arquitetura** tanto com a aplicação quanto com os modelos gerados por ela.

Procedimentos:

Participando do estudo você está sendo convidado a: participar de sessão de teste da aplicação em Realidade Aumentada desenvolvida ao longo desta pesquisa de Doutorado e preencher questionários relativos às atividades realizadas.

Detalhes dos procedimentos estão descritos abaixo:

- Uma sessão de teste será realizada no LAMPA (Laboratório de Automação e Metodologia de Projeto em Arquitetura), individualmente, considerando disponibilidade do participante;
- A aplicação será testada em tablets;
- O tempo de duração da sessão de teste deve considerar (total aproximado para a realização: **55min a 1h20min**):
 - Preenchimento de questionário para identificação do perfil do voluntário (perguntas sociodemográficas e profissionais) – **5 minutos**;
 - Explicação geral sobre o funcionamento da aplicação – **5 a 10 minutos**;
 - Explicação da tarefa a ser realizada – **5 a 10 minutos**;
 - Uso da aplicação para realização da tarefa – **30 a 40 minutos**;
 - Preenchimento de questionário para avaliação da carga de trabalho – **10 a 15 min**

Esta pesquisa prevê o armazenamento dos dados coletados em repositório digital de acesso privado, em versão em nuvem e sincronizada, mas disponibilizados conforme a

demanda. Os dados serão compartilhados em publicações, não revelando sua identidade, uma vez que serão armazenados de forma anônima (isto é, os dados não terão identificação).

Desconfortos e riscos:

Os riscos previstos na execução da pesquisa não são diferentes daqueles associados a atividades normais de utilização dispositivos mobile e de recursos digitais 3D. Os nomes dos participantes não serão divulgados. Para minimizar tais riscos, pausas podem ser feitas durante a utilização do equipamento sempre que solicitadas pelo participante.

Benefícios:

Espera-se que o estudo possibilite reflexão sobre a importância do programa de necessidades, e abrir o interesse sobre a inclusão de tecnologia, em especial a Realidade Aumentada, desde etapas iniciais do processo de projeto como forma de estímulo à própria elaboração do programa.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado.

Ressarcimento e indenização:

Você terá a garantia ao direito à indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa, apesar de estes não serem previstos pela natureza do estudo.

Acompanhamento e assistência:

Aos participantes será dada a liberdade de pausar ou encerrar a participação da pesquisa a qualquer momento, a depender de como se sentem ao realizar as atividades.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, se precisar consultar esse registro de consentimento ou quaisquer outras questões, você poderá entrar em contato com a pesquisadora Larissa Negris de Souza, Rua Saturnino de Brito, 224, Cidade Universitária Zeferino Vaz, Campinas - São Paulo, CEP 13083-889, LAMPA (Laboratório de Automação e Metodologia de Projeto em Arquitetura), (27)99299-4438, larissanegris@gmail.com.

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretária do Comitê de Ética em Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais (CEP-CHS) da UNICAMP das 08h30 às 11h30 e das 13h00 às 17h00 na Rua Bertrand Russell, 801, Bloco C, 2º piso, sala 05, CEP 13083-865, Campinas – SP; telefone (19) 3521-6836; e-mail: cepchs@unicamp.br.

Havendo a necessidade de intermediação da comunicação em Libras você pode fazer contato com a Central TILS da Unicamp no site <https://www.prg.unicamp.br/tils/>.

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

O papel do CEP é avaliar e acompanhar os aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. A Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), tem por objetivo desenvolver a regulamentação sobre proteção dos seres humanos envolvidos nas pesquisas. Desempenha um papel coordenador da rede de Comitês de Ética em Pesquisa (CEPs) das instituições, além de assumir a função de órgão consultor na área de ética em pesquisas

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar:

Nome _____ do (a) _____ participante _____ da _____ pesquisa:

_____ Data:

____/____/____.

(Assinatura do (a) participante da pesquisa ou nome e assinatura do seu RESPONSÁVEL LEGAL)

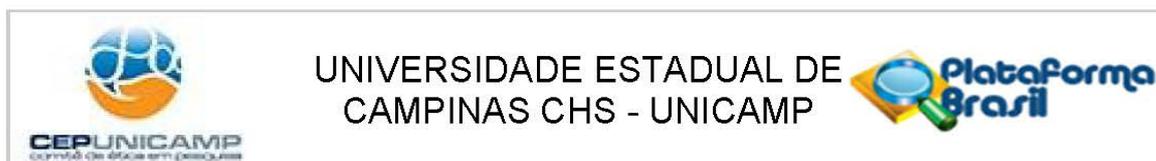
Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 510/2016 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado e pela CONEP, quando pertinente. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

_____ Data: ____/____/____.

(Assinatura do pesquisador)

ANEXO A



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: O programa de necessidades da arquitetura escolar e o auxílio da Realidade Aumentada

Pesquisador: LARISSA NEGRIS DE SOUZA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 71022723.1.0000.8142

Instituição Proponente: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

Patrocinador Principal: FUNDAÇÃO DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.221.478

Apresentação do Projeto:

Resumo: A pesquisa investiga a representação gráfica de informações referentes ao programa arquitetônico de edifícios educacionais e sua inserção e visualização em Realidade Aumentada (RA). São aprofundadas as pesquisas relativas às informações necessárias à etapa de programa e a maneira de interação de profissionais de arquitetura com esses dados, buscando compreender como ocorrem e como a Realidade Aumentada se insere nesse contexto.

Hipótese: Ao utilizar a Realidade Aumentada visando seu auxílio na elaboração do programa de necessidades da arquitetura escolar é possível alcançar ganhos em diferentes dimensões. Na atualização de métodos tradicionais, ainda se fazendo valer mecanismo de construção e sistematização diagramática ao lidar com informações organizando-as a partir de um conjunto de regras gráficas; na inserção e potencialização do uso de tecnologias dentro de um contexto de arquitetura computacional, já na fase de programação; na expansão do conhecimento de importantes conceitos a serem considerados desde o início do processo de projeto.

Metodologia: A realização dos testes da ferramenta desenvolvida na pesquisa de Doutorado seguirá um método de preparo de materiais, coleta e sistematização de dados, que correspondem aos três blocos apresentados de forma mais minuciosa no projeto completo.

Crítérios de Inclusão: Na escolha dos participantes da pesquisa serão incluídos aqueles Arquitetos e Arquitetas procurados e que apresentem interesse em participar. A busca inicial será feita dentro da FECFAU-UNICAMP. Tais profissionais devem ser formados em Arquitetura e Urbanismo que

Endereço: Av. Bertrand Russell, 801, 2º Piso, Bloco C, Sala 5, Campinas-SP, Brasil.

Bairro: Cidade Universitária "Zeferino Vaz"

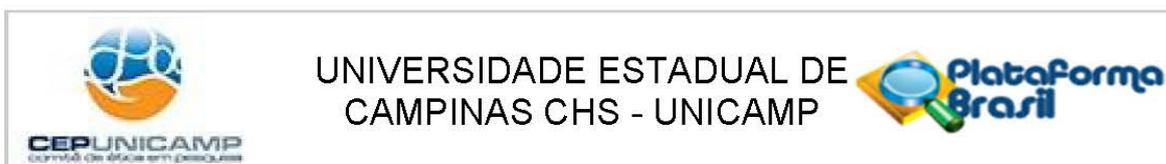
CEP: 13.083-865

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-6836

E-mail: cepchs@unicamp.br



Continuação do Parecer: 6.221.478

trabalhem com a elaboração de projetos de arquitetura e urbanismo ou em pesquisa que incluam metodologia e processo de projeto em arquitetura e urbanismo. Os profissionais serão escolhidos independentemente de idade, tempo de formação, tempo de trabalho, nível de escolaridade, ou familiaridade com tecnologia em arquitetura. Também não haverá escolha determinada por gênero, orientação sexual, cor, etnia, e classe social não farão parte de critérios de seleção.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo primário: O objetivo principal da pesquisa é caracterizar a representação gráfica de informações relacionadas ao programa arquitetônico de edifícios educacionais e verificar sua inserção em realidade aumentada (RA). Pretende-se analisar a representação gráfica dos parâmetros de projeto (PPs) de escolas em ferramenta dessa natureza e avaliar a interação de profissionais da área de arquitetura com a ferramenta e os modelos gerados por ela. O desenvolvimento de uma aplicação em RA é proposto para investigar estes aspectos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundo a equipe de pesquisa, os riscos previstos na execução da pesquisa não são diferentes daqueles associados a atividades normais de utilização dispositivos mobile e de recursos digitais 3D. Os nomes dos participantes não serão divulgados.

Quanto aos benefícios, a equipe informa que não há previsão de benefícios diretos e imediatos da pesquisa para os participantes da atividade. Espera-se que o estudo possibilite reflexão sobre a importância do programa de necessidades, e abra o interesse sobre a inclusão de tecnologia, em especial a Realidade Aumentada, desde etapas iniciais do processo de projeto como forma de estímulo à própria elaboração do programa.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de pesquisa de Tese de Doutorado de Larissa Negriz de Souza, com orientação de Daniel de Carvalho Moreira, com sede na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FECFAU) da UNICAMP, com financiamento próprio, sem valor declarado.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

1. Folha de Rosto Para Pesquisa Envolvendo Seres Humanos: devidamente preenchida e assinada.
2. Projeto de Pesquisa: arquivado na plataforma.
3. Orçamento financeiro e fontes de financiamento: financiamento próprio, sem valor declarado.
4. Cronograma: arquivado na plataforma.
5. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido: arquivado na plataforma.
6. Currículo do pesquisador principal e demais colaboradores: arquivado na plataforma.

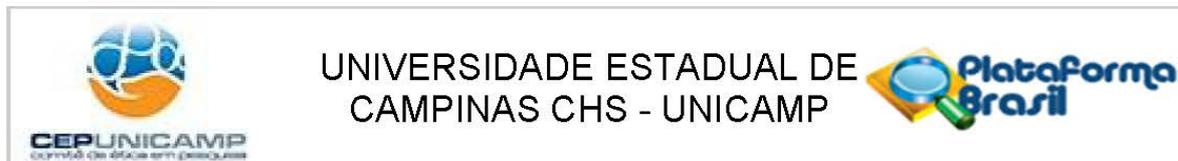
Endereço: Av. Bertrand Russell, 801, 2º Piso, Bloco C, Sala 5, Campinas-SP, Brasil.

Bairro: Cidade Universitária "Zeferino Vaz" **CEP:** 13.083-865

UF: SP **Município:** CAMPINAS

Telefone: (19)3521-6836

E-mail: cepchs@unicamp.br



Continuação do Parecer: 6.221.478

7. Gestão dos dados: não há.

8. Outros documentos que eventualmente acompanham o Protocolo de Pesquisa:

1. Comprovante de vínculo com a Unicamp: atestado de matrícula.

Recomendações:

1. Inserir plano de Gestão de Dados no projeto completo.

2. Inserir plano de Gestão de Dados no TCLE.

3. Alterar cronograma para início de Aplicação de questionário e realização de testes após aprovação por este comitê. Dados obtidos anteriormente à aprovação por este comitê não poderão ser utilizados. Nenhum dado coletado antes da aprovação pelo CEP-CHS poderá fazer parte da pesquisa. O CEP-CHS não avalia pesquisas em andamento.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Ver recomendações

Considerações Finais a critério do CEP:

Não estão sob o escopo deste parecer:

- Eventuais alterações documentais realizadas sem aviso prévio e/ou não solicitadas pelo CEP em forma de pendência ou de recomendação;

- Dados coletados em data anterior a este parecer.

A responsabilidade de obtenção de registro de consentimento, bem como o de sua guarda adequada, é de inteira responsabilidade da equipe de pesquisa. Tais documentos podem ser solicitados a qualquer momento pelo sistema CEP-CONEP para fins de auditoria, bem como servem de proteção para os próprios pesquisadores em caso de eventuais reclamações ou denúncias por parte dos participantes.

- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas e aguardando a aprovação do CEP para continuidade da pesquisa.

- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente seis meses após a data deste parecer de aprovação e ao término do estudo.

- As declarações preenchidas na Plataforma Brasil são feitas sob pena da incidência nos artigos 297-299 do Código Penal Brasileiro sobre a falsificação de documento público e falsidade ideológica, respectivamente.

- Caso a pesquisa seja realizada ou dependa de dados a serem observados/coletados em uma instituição (ex. empresas, escolas, ONGs, entre outros), essa aprovação não dispensa a autorização

Endereço: Av. Bertrand Russell, 801, 2º Piso, Bloco C, Sala 5, Campinas-SP, Brasil.

Bairro: Cidade Universitária "Zeferino Vaz"

CEP: 13.083-865

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-6836

E-mail: cepchs@unicamp.br