

**A integração da  
concepção estrutural  
no processo de  
ensino e aprendizagem  
do projeto de arquitetura**

---

**Camila Cavalcanti Resende**

**Natal/ RN  
2022**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO  
Área de concentração: Projeto, Morfologia e Conforto do Ambiente Construído  
Linha de pesquisa: Projeto de Arquitetura  
Nível: Doutorado

CAMILA CAVALCANTI RESENDE

A INTEGRAÇÃO DA **CONCEPÇÃO ESTRUTURAL** NO PROCESSO DE ENSINO E  
APRENDIZAGEM DO **PROJETO DE ARQUITETURA**

Natal/RN  
2022

Camila Cavalcanti Resende

A INTEGRAÇÃO DA **CONCEPÇÃO ESTRUTURAL** NO PROCESSO DE ENSINO E  
APRENDIZAGEM DO **PROJETO DE ARQUITETURA**

Volume apresentado para fins de Defesa como parte dos requisitos do Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

**Área de concentração:** Projeto, Morfologia e Conforto do Ambiente Construído

**Linha de pesquisa:** Projeto de Arquitetura.

**Orientadora:** Profa. Dra. Maísa Fernandes Dutra Veloso

Natal/RN

2022

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Sistema de Bibliotecas - SISBI

Catálogo de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Prof. Dr. Marcelo Bezerra de Melo Tinôco - DARQ - -CT

Resende, Camila Cavalcanti.

A integração da concepção estrutural no processo de ensino e aprendizagem do projeto de arquitetura / Camila Cavalcanti Resende. - 2022.

282f.: il.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Arquitetura. Natal, RN, 2022.

Orientadora: Maísa Fernandes Dutra Veloso.

1. Projeto arquitetônico - Tese. 2. Ensino de projeto - Tese. 3. Concepção estrutural - Tese. 4. Aprendizado ativo - Tese. 5. Integração de conteúdos - Tese. I. Veloso, Maísa Fernandes Dutra. II. Título.

RN/UF/BSE15

CDU 72.012.1

Camila Cavalcanti Resende

A INTEGRAÇÃO DA **CONCEPÇÃO ESTRUTURAL** NO PROCESSO DE ENSINO E  
APRENDIZAGEM DO **PROJETO DE ARQUITETURA**

**Banca examinadora:**

**MEMBRO EXTERNO - Profa. Germana Costa Rocha**

Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal da Paraíba

**MEMBRO EXTERNO - Profa. Rafaela Santana Balbi**

Curso de Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal Rural do Semi-árido

**MEMBRO INTERNO - Prof. Heitor de Andrade Silva**

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte

**MEMBRO INTERNO - Profa. Gleice Virginia Medeiros de Azambuja Elali**

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte

**ORIENTADORA - Profa. Dra. Máisa Fernandes. D. Veloso**

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte

## AGRADECIMENTOS

---

À minha orientadora, professora Máisa Veloso, por ter acreditado em mim, por todos os ensinamentos e pela dedicação a este trabalho durante os quatro anos de desenvolvimento da tese.

Aos membros da banca, Germana Rocha, Rafaela Balbi, Heitor de Andrade e Edna Moura pelas contribuições nas fases de qualificação e/ou de pré-defesa.

Aos meus colegas do doutorado, Luciana Alves pelo apoio, e, especialmente, a Verner Monteiro, pelo conhecimento compartilhado e por toda a ajuda durante a construção desta tese.

Aos professores Renato de Medeiros e Clara Ovídio, pela assistência em muitos momentos dos quatro anos como aluna do doutorado na UFRN.

A todos os professores e estudantes que aceitaram participar da pesquisa, pela disponibilidade e motivação em todas as etapas da coleta de dados, e, principalmente, pela oportunidade de torná-la possível.

Aos membros da organização das Semanas de Arquitetura da UFRN e da UNICAMP, por viabilizarem a realização das Oficinas, sobretudo a Mara Raquel e Mariana Helena.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida para a realização da pesquisa.

Aos meus pais, Ricardo e Sandra, por estarem sempre ao meu lado, por serem os maiores entusiastas dos meus estudos e por me lembrarem sempre de ter coragem.

Às minhas irmãs, Juliana e Symone, por todas as conversas, conselhos e críticas construtivas.

A Edton, pelo companheirismo e acolhimento nos momentos de dúvidas ou angústias nos quatro anos do doutorado.

Aos demais familiares e amigos, pela torcida desde a fase de seleção do doutorado.

E a Deus, por tudo.

## RESUMO

---

A inserção da concepção estrutural no ateliê de projeto é um dos aspectos comentados dentro do debate da formação em Arquitetura, por sua influência direta na forma e na função desta. Historicamente, o distanciamento do arquiteto do campo da tecnologia da construção, somado a um ensino focado no trabalho individual e no produto final e longe do processo, trouxe repercussões na prática desse tipo de formação até os dias atuais. Essa separação das outras áreas acarretou uma departamentalização dentro do curso e, conseqüentemente, ampliou a dificuldade de integração de conteúdos dentro do ateliê. Além disso, o desenvolvimento da Engenharia culminou em uma didática de Estruturas pautada no cálculo e afastada do aprendizado prático-reflexivo, característico do ensino de Projeto, o que resulta no desinteresse neste assunto por parte dos estudantes e em uma ideia de que tais disciplinas são apenas obstáculos a serem vencidos na graduação. Com isso, alguns autores afirmam que, para uma melhor integração do pensamento estrutural dentro do ateliê, faz-se necessária a implementação de exercícios de aprendizado ativo, dentre eles, um dos mais citados é a produção de modelos físicos reduzidos, a fim de criar oportunidades de compreensão da relação da forma arquitetônica com a resistente, o que pode contribuir no processo de projeto dos discentes. Assim, **objeto de estudo** da tese focaliza a integração e a didática da concepção estrutural no âmbito do ensino de Projeto de Arquitetura em Instituições de Ensino Superior (IES) no Brasil. O **objetivo geral** é entender e avaliar como ocorre a integração da concepção estrutural no ensino/aprendizagem do Projeto de Arquitetura nos cursos de AU em duas universidades brasileiras. Tendo como **hipótese** a existência de estratégias didáticas que podem melhor auxiliar nesse tipo de ensino integrado. Trata-se de uma pesquisa de **abordagem qualitativa** com procedimentos observacionais, com a análise de disciplinas, e experimentais com a realização de oficinas. Para tanto, foram elaborados roteiros analíticos com os aspectos a serem observados em cada etapa da pesquisa: análise dos planos de curso, observação direta, entrevistas com professores e estudantes e análise dos projetos desenvolvidos. Foram, no total, analisadas duas disciplinas, uma na UFRN e outra na UNICAMP, o que configurou a primeira fase da pesquisa. Nelas observou-se em alguns casos certa imparcialidade dos estudantes frente às características estruturais, requerendo intenso incentivo para resolução dos elementos de suporte. Por outro lado, verificaram-se alguns pontos positivos como a preocupação e o esforço dos docentes de projeto no trato dos assuntos tecnológicos e estruturais, além da colaboração de um professor visitante de Estruturas, no caso da UNICAMP. A segunda fase da investigação procurou testar o método de aprendizagem por meio da fabricação de modelos físicos estruturais em duas oficinas realizadas nas Semanas de Arquitetura das instituições estudadas, com base na sequência *pensar-fazer-quebrar*. Como resultados, em consonância ao já comentado por outros autores, notou-se certa relutância dos estudantes à participação neste tipo de exercício, o que foi se modificando após o início da atividade prática, quando passaram a mostrar mais interesse e entusiasmo, até o momento do teste de cargas dos modelos. Em síntese, percebeu-se, nas duas fases da pesquisa, a necessidade de melhoria do ensino da concepção estrutural de maneira a mudar a postura reticente dos estudantes quanto a este assunto e ampliar sua inserção dentro do processo de projeto. Desse ponto de vista, a parceria e colaboração entre professores se mostraram uma solução importante, do mesmo modo que os exercícios do tipo “mão-na-massa” apontaram para uma aproximação com a materialidade inerente à Arquitetura e permitiram a visualização de pequenas amostras das possibilidades estruturais, o que pode ser positivo se também feito no âmbito do ateliê de Projeto.

**Palavras-chave:** ensino de projeto; concepção estrutural; aprendizado ativo; integração de conteúdos.

## ABSTRACT

---

The insertion of structural design in the studio is one of the topics in the discussion of the Architecture and Urbanism education, because of the direct influence in its form and function. Historically, the architect's distancing of the field of technology and construction added to a teaching focused on individual work and the final product, and far from the process, brought repercussions in the practice of this type of instruction until today. This separation of the other areas resulted in a departmentalization inside the course, and, consequently, expanded the content integration difficulty inside the studio. Furthermore, the engineering development culminated in a Structure education based on calculation and distant of practical and reflexive learning, proper of Project teaching, result in the student's disinterest and obstacles to be overcome thinking about those modules in the under-graduation course. Thereby, some authors argue that for a better integration of the structural thinking in the studio, it is necessary the implementation of active learning exercises, among them, one of the most cited is the physical model production, in order to create opportunities for students understanding the relationship between architectonic and resistant form, which can contribute to their design process. In this perspective, the thesis **study object** is in the integrations and didactic of structural design within the studio of architecture in Brazilian higher education institutions. Accordingly, the **main objective** of this thesis is to understand and evaluate how the structural design is taught in two Architecture Project modules in two Brazilian universities. Having as hypothesis that exists some teaching strategies to improve and assist in this kind of integrated education. Thence, this is a research with a **qualitative approach** with observational procedures, with two modules analysis, and experimental procedures, with the workshops. Therefore, analytical scripts have been drawn up and they defined all the topics to be observed in each step: course plan analysis, direct observation, interviews with professors and students and student's projects analysis. In total, were two cases analyzed, one at UFRN and the other at UNICAMP, which configured the first phase of the research. In both, we found sometimes certain impartiality of the student about the structural issues, and they required an intense encouragement to solve structure elements. On the other hand, we verified some positive aspects: both project professor's concern and effort about the technological and structural subjects, besides the collaboration of a Structure visitant professor in the UNICAMP study. In the second phase of the investigation, we tested a method of learning by the fabrication of structural models in two workshops on the Week of Architecture of the institutions analyzed, and which follow the sequence of *thinking-making-breaking*. As results, similar to that already mentioned by other authors, a certain students' reluctance to participate in this kind of exercise, what was gradually changing after the beginning of the practical activity, we realized more interest and enthusiasm until the moment of the model's load testing. In summary, it was perceived in the two research phases the need to improve the teaching of structural design in a way to change the student's reticent posture about this subject and to amplify their insertion in the design process. From this point of view, the partnership and the collaboration between professors features an important solution, the same way as hands-on activities indicated a path to the approximation with the materiality inherent in architecture and enabled visualizing small samples of the structural possibilities, what can be positive in project studio context.

**Keywords:** Architectural design teaching; structural design; active learning; contents integration.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comparação entre os dez modelos e como eles lidam com o processo de projeto. ....	38
Figura 2: Distribuição dos exercícios de projeto por Laboratório de Arquitetura. ....	40
Figura 3: Fotos dos modelos físicos dos estudantes.....	63
Figura 4: Modelos flexíveis em EVA.....	64
Figura 5: Mola Model.....	64
Figuras 6 e 7: Kits de elementos de estruturas. ....	65
Figura 8 e 9: Esboço do Kit de Elementos; Tamanho dos blocos dos modelos e conectores.....	65
Figura 10: Comparação do modelo físico - carga vertical x simulação digital. ....	66
Figura 11: Comparação do modelo físico - carga horizontal x simulação digital. ....	66
Figura 12: Diferentes poses causam diferentes tensões.....	67
Figura 13: Estruturas humanas. ....	67
Figura 14: Esquema síntese dos tipos de atividades de aprendizado ativo da concepção estrutural. ....	102
Figura 15: Esquema da participação de professores de Estruturas. ....	102
Figura 16: Quadro Síntese da Metodologia.....	104
Figuras 17 e 18: Fotos dos estudos volumétricos em LEGO. ....	122
Figura 19: Montagem de fotos da sequência de estudos volumétricos de uma das equipes em isopor e papelão. ....	122
Figuras 20 e 21: Planta da estrutura em papel manteiga sobre planta baixa do Pavimento Tipo. ....	126
Figuras 22, 23 e 24: Perspectivas de três dos Projetos analisados. ....	133
Figuras 25 e 26: Croquis da estrutura - Atividade 2. ....	145
Figura 27: Volumetria da estrutura - Atividade 2. ....	146
Figura 28: Perspectiva da estrutura - Atividade 2.....	146
Figura 29: Perspectiva e especificação dos materiais – Atividade 2. ....	146
Figura 30: Esquema da estrutura em módulos – Atividade 2.....	147
Figura 31: Perspectiva cortada e especificação dos materiais – Atividade 2. ....	147
Figura 32: Esquema da estrutura – Atividade 2. ....	147
Figuras 33 e 34: Parlamento Escocês e Cobertura da Escola de Design da Universidade de Melbourne.....	159
Figuras 35 e 36: Projetos considerados como “Alto” no grau de desenvolvimento da estrutura. ....	167
Figuras 37 e 38: Projetos considerados como “Alto” no grau de desenvolvimento da estrutura. ....	167
Figuras 39 e 40: Projetos considerados “Avançados” quanto à lógica estrutural. ...	167
Figura 41: Local de implantação proposto para o Pavilhão dos Centros Acadêmicos. ....	175
Figura 42: Fotos da área proposta para o Pavilhão. ....	175
Figura 43: Materiais disponíveis para uso coletivo.....	176
Figura 44: Fotos das equipes durante o processo de concepção inicial. ....	178
Figura 45: Fotos da produção dos modelos físicos. ....	180
Figura 46: Modelo físico da Equipe 1. ....	181
Figura 47: Teste de carga do modelo físico da Equipe 1. ....	181
Figura 48: Modelo físico da Equipe 2. ....	182

Figura 49: Teste de carga do modelo físico da Equipe 2. ....	182
Figura 50: Modelo físico da Equipe 3. ....	183
Figura 51: Teste de carga do modelo físico da Equipe 3. ....	183
Figura 52: Modelo físico da Equipe 4. ....	184
Figura 53: Teste de carga do modelo físico da Equipe 4. ....	184
Figura 54: Modelo físico da Equipe 5. ....	185
Figura 55: Teste de carga do modelo físico da Equipe 5. ....	185
Figura 56: Final da Oficina e preparação para os testes de cargas. ....	187
Figura 57: Local da Intervenção. ....	190
Figura 58: Local da Intervenção. ....	191
Figura 59: Imagens do vídeo de divulgação da Oficina – SAU/UNICAMP. ....	192
Figura 60: Imagens do vídeo de divulgação da Oficina – SAU/UNICAMP. ....	192
Figura 61: Materiais sugeridos para desenho e fabricação do modelo. ....	193
Figura 62: Imagens dos desenhos produzidos pelas participantes da Oficina. ....	194
Figura 63: Imagem do modelo virtual produzido por uma das participantes da Oficina. ....	194
Figura 64: Modelo físico 1. ....	197
Figura 65: Foto do teste de carga do Modelo 1. ....	197
Figura 66: Modelo físico 2. ....	198
Figura 67: Foto do teste de carga do Modelo 2. ....	198
Figura 68: Modelo físico 3. ....	199
Figura 69: Foto do teste de carga do Modelo 3. ....	199
Figura 70: Modelo físico 4. ....	200
Figura 71: Foto do teste de carga do Modelo 4. ....	200
Figura 72: Modelo Físico 5. ....	201
Figura 73: Fotos do teste de carga do Modelo 4. ....	201
Figura 74: Modelo Físico 6. ....	202
Figura 75: Foto do teste de carga do Modelo 6. ....	202
Figura 76: Resumo das etapas das oficinas. ....	214

## LISTA DE QUADROS

---

Quadro 1: Tópicos de ensino através de modelos físicos no Projeto de Arquitetura.	93
Quadro 2: Pontos identificados na experiência de ensino da Politécnica de Milão. ...	96
Quadro 3: Cronograma e tarefas de Estruturas dentro do Ateliê de Projeto. ....	99
Quadro 4: Quadro resumo dos cursos selecionados para a análise e sua infraestrutura. ....	113
Quadro 5: Síntese da análise de Projeto 4 – CAU/UFRN .....	136
Quadro 6: Síntese da análise de Projeto IX – CAU/UNICAMP. ....	172
Quadro 7: Programação da Oficina de Concepção Estrutural – SEMANAU. ....	176
Quadro 8: Programação da Oficina de Concepção Estrutural – SAU. ....	191

## LISTA DE GRÁFICOS

---

Gráfico 1: Grau de desenvolvimento da estrutura x lógica estrutural – Análise dos Projetos dos estudantes.....	134
Gráfico 2: Análise dos projetos a partir da lógica estrutural e grau de desenvolvimento da estrutura. ....	166

## LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

<b>AU</b>	Arquitetura e Urbanismo
<b>BIM</b>	<i>Building Information Modeling</i> , em português Modelagem de Informação da Construção
<b>BTES</b>	<i>Building Technology Educators Symposium</i> , em português Simpósio de Educadores da Tecnologia da Construção
<b>CA</b>	Concreto Armado
<b>CAD</b>	<i>Computer Aided Design</i> , em português Projeto Auxiliado por Computador
<b>CAU</b>	Curso de Arquitetura e Urbanismo
<b>CAU/UFPB</b>	Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPB
<b>CAU/UFRN</b>	Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN
<b>CAU/UNICAMP</b>	Curso de Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP
<b>CLT</b>	<i>Cross Laminated Timber</i> , em português Madeira Laminada Cruzada
<b>CNC</b>	Controle Numérico Computadorizado
<b>CSD</b>	<i>Conceptual Structural Design</i> , em português Concepção Estrutural Conceitual
<b>CT</b>	Centro de Tecnologia da UFRN
<b>DAD</b>	<i>Digital Architecture Design</i> , em português Projeto Arquitetônico Digital
<b>DARQ/UFRN</b>	Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFRN
<b>DAU/UFPB</b>	Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFPB
<b>EBA</b>	Escola de Belas Artes
<b>ENANPARQ</b>	Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisas da Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo
<b>ENEEEA</b>	Encontro Nacional sobre o Ensino de Estruturas nas Escolas de Arquitetura
<b>FAU/UFRJ</b>	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ
<b>FAU/USP</b>	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP
<b>FEC/UNICAMP</b>	Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP
<b>IAU/USP</b>	Instituto de Arquitetura e Urbanismo da USP
<b>ICSA</b>	<i>International Conference on Structure and Architecture</i> , em português Conferência Internacional de Estrutura e Arquitetura
<b>IES</b>	Instituição de Ensino Superior
<b>LABINFO</b>	Laboratório de Informática da UFRN
<b>LAPAC</b>	Laboratório de Automação e Prototipagem Rápida de Arquitetura e Construção da UNICAMP
<b>MIT</b>	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
<b>MLC</b>	Madeira Laminada Colada

<b>MLCC</b>	Madeira Lamelada Colada Cruzada
<b>MSE</b>	Modelagem dos Sistemas Estruturais
<b>PBL</b>	<i>Problem based learning</i> , em português Aprendizado baseado no problema
<b>PC</b>	Plano de Curso
<b>PED</b>	Programa de Estágio Docente
<b>PEV</b>	Professor Especialista Visitante
<b>PPBL</b>	<i>Project and Problem Based Learning</i> , em português Aprendizado baseado no problema e no projeto
<b>PPC</b>	Projeto Pedagógico do Curso
<b>PPP</b>	Projeto Político Pedagógico
<b>PPUR</b>	Planejamento e Projeto Urbano e Regional
<b>SAU/UNICAMP</b>	Semana de Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP
<b>SEMANAU/UF RN</b>	Semana de Arquitetura e Urbanismo da UFRN
<b>TIDE</b>	<i>Taller de Investigación Estructural</i> , em português Oficina de Investigação Estrutural
<b>UFPB</b>	Universidade Federal da Paraíba
<b>UFRGS</b>	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
<b>UFRJ</b>	Universidade Federal do Rio de Janeiro
<b>UFRN</b>	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
<b>UNESC</b>	Universidade do Extremo Sul Catarinense
<b>UNICAMP</b>	Universidade Estadual de Campinas
<b>USP</b>	Universidade de São Paulo

# SUMÁRIO

---

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1. ENSINO DE PROJETO DE ARQUITETURA</b> .....	<b>23</b>
1.1 A complexidade do ensino de Projeto de Arquitetura.....	23
1.2 Do “tradicional” ensino de projeto a abordagens alternativas no ateliê.....	32
1.3 Novos desafios do ensino de Arquitetura.....	46
<b>2. ENSINO DA CONCEPÇÃO ESTRUTURAL VINCULADA AO PROJETO DE ARQUITETURA</b> .....	<b>53</b>
2.1 Ensino de Estruturas como base para o Projeto de Arquitetura.....	55
2.2 A concepção estrutural no processo de projeto.....	70
2.3 Estratégias de ensino da concepção estrutural no ateliê de Projeto de Arquitetura.....	84
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E DEFINIÇÃO DO UNIVERSO DA PESQUISA</b> .....	<b>103</b>
<b>3.1 Definição das disciplinas a serem estudadas: Análise de currículos de AU no Brasil</b> .....	<b>106</b>
3.1.1 Apresentação das instituições.....	107
3.1.2 Análise Geral dos Currículos e Resultado da escolha das IES.....	112
<b>3.2 Procedimentos e instrumentos metodológicos</b> .....	<b>114</b>
3.2.1 Instrumentos de Análise das Disciplinas.....	114
3.2.2 Instrumentos de Análise das Oficinas.....	116
<b>4. ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS DE ENSINO DA CONCEPÇÃO ESTRUTURAL NO ATELIÊ DE PROJETO DE ARQUITETURA</b> .....	<b>117</b>
<b>4.1 Análise da disciplina de Projeto IV – CAU/UFRN (Estudo Piloto)</b> .....	<b>117</b>
4.1.1 Análise da Ementa e do Plano de Curso.....	118
4.1.2 Observação direta e Avaliação das atividades.....	120
4.1.3 Entrevista coletiva com os discentes.....	126
4.1.4 Entrevista com o professor.....	130
4.1.5 Análise dos Projetos dos discentes.....	132
4.1.6 Análise geral da disciplina.....	135
<b>4.2 Análise da disciplina de Projeto IX do CAU/UNICAMP</b> .....	<b>137</b>
4.2.1 Análise do Plano de Curso.....	137
4.2.2 Observação da disciplina de Projeto IX.....	140
4.2.3 Entrevista coletiva com os discentes.....	151
4.2.4 Entrevista com os docentes.....	156
4.2.5 Análise dos Projetos dos discentes.....	164
4.2.6 Análise geral da disciplina.....	168

<b>5.</b>	<b>TESTANDO MÉTODOS DE ENSINO DA CONCEPÇÃO ESTRUTURAL ATRAVÉS DE MODELOS FÍSICOS EM ATIVIDADES EXTRACURRICULARES – OFICINAS DE CONCEPÇÃO ESTRUTURAL.....</b>	<b>174</b>
<b>5.1</b>	<b>Oficina de concepção estrutural auxiliada por modelos físicos 1 – SEMANAU/UFRN .....</b>	<b>174</b>
5.1.1	O Processo.....	177
5.1.2	O resultado e o teste – QUEBRAR.....	180
5.1.3	Análise da Oficina de Concepção Estrutural 1 – SEMANAU/UFRN.....	186
5.1.4	Considerações sobre a Oficina da SEMANAU/UFRN.....	188
<b>5.2</b>	<b>Oficina de concepção estrutural auxiliada por modelos físicos 2 – SAU/UNICAMP .....</b>	<b>190</b>
5.2.1	O Processo.....	193
5.2.2	O resultado e o teste – QUEBRAR.....	196
5.2.3	Análise da Oficina de Concepção Estrutural 2 – SAU/UNICAMP.....	202
5.2.4	Considerações sobre a Oficina da SAU/UNICAMP.....	204
<b>6.</b>	<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>207</b>
<b>6.1</b>	<b>Análise das Disciplinas Projeto IV (UFRN) e Projeto IX (UNICAMP).....</b>	<b>207</b>
<b>6.2</b>	<b>Oficinas de concepção estrutural utilizando modelos físicos.....</b>	<b>212</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>216</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>222</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>242</b>
	Anexo I – Parecer Consubstanciado do CEP/UFRN.....	242
	Anexo II – Parecer Consubstanciado do CEP/UNICAMP.....	246
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>254</b>
	Apêndice I – Quadro resumo da integração de disciplinas.....	254
	Apêndice II – Instrumentos de Análise.....	255
	Apêndice III – Análise dos Projetos da disciplina da UFRN.....	258
	Apêndice IV – Análise dos Projetos da disciplina da UNICAMP.....	268
	Apêndice V – Lista de materiais da Oficina na UFRN.....	281
	Apêndice VI – Fotos dos materiais da Oficina na UFRN.....	282

## INTRODUÇÃO

---

O tema central desta tese é a inserção da concepção estrutural vinculada ao processo de criação do espaço arquitetônico e sua importância no ensino de Projeto. Existe atualmente uma dificuldade de integração desse enfoque no âmbito do ateliê de projeto, vista não só no Brasil, mas no mundo. Dentre as principais causas dessa problemática, destacam-se a polarização entre arte e técnica na formação dos arquitetos (GRAEFF, 1995) e a persistência do pensamento de que a prática da Arquitetura depende essencialmente da individualidade criativa de cada profissional. Esse consequente afastamento das questões tecnológicas, somado ao desenvolvimento do cálculo estrutural com sua apresentação gráfica abstrata no campo da Engenharia, resultou não só em um distanciamento, mas também em uma certa alienação das questões estruturais dentro do processo de concepção do projeto arquitetônico.

Quanto ao ensino de projeto no Brasil, discussões mais sistemáticas foram afloradas inicialmente em um Seminário realizado nos anos 1980 na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), que resultou na publicação do livro *Projeto de Arquitetura, Disciplina em Crise, Disciplina em Renovação (1986)* organizado por Carlos Comas. Posteriormente, essas discussões foram ampliadas nos Seminários Projetar, cuja primeira edição ocorreu em Natal em 2003, e que teve como resultado o livro *Desafios e Conquistas do Projeto de Arquitetura*, organizado por Lara e Marques (2003). Estes debates impulsionaram várias pesquisas na área do ensino de projeto, em especial na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, porém, neste trabalho, atentou-se para aquelas que tratam da integração de conteúdos no âmbito do ateliê, notadamente entre os conhecimentos em Estruturas atrelados ao processo de concepção e desenvolvimento do projeto.

Para Phillippe Boudon (BOUDON *et al.*, 2000), a essência do ensino da arquitetura é a prática de projeto, que se relaciona com todas as demais disciplinas do curso e, por isso, deve estar no seu eixo, com uma organização, tempo e local determinados (LEBAHAR, 1999). Sendo assim, o papel do docente de projeto é ensinar o estudante a sentir, a pensar e a fazer e, conseqüentemente, a projetar com base nos aspectos culturais, atemporais, com sua consciência crítica, estética e ética.

Logo, esse aprendizado induz ao refinamento do olhar e outros sentidos para tornar atentas as experiências arquitetônicas pessoais e bibliográficas cotidianas (PINTO, 2007). Em segundo lugar, é importante compreender que a formação do arquiteto urbanista é generalista por natureza e nela deve haver uma consciência dominante em relação às demais matérias (PIÑÓN, 1998). As escolas de arquitetura dispõem em geral de duas opções: ou escolhem quais conhecimentos consideram mais necessários, ou apresentam para os estudantes o máximo possível de conteúdos, “deixando para o estudante o fardo da escolha de uma síntese, independente do fato de que ele ou ela esteja mais ou menos preparado(a) para enfrentar esta tarefa” (CHUPIN, 2003, p. 20).

E como se não bastasse todo o conteúdo que precisa ser integrado nas disciplinas de Projeto de Arquitetura, trabalho sucessivo de inserção e aglutinação de outras disciplinas dentro desta, existe ainda um mundo em constante mudança, com uma tecnologia também em contínua transformação. Acompanhar tudo isso e integrar essa gama de informações a um método de ensino que abarque e seja suficiente para cumprir todas essas tarefas é quase impossível (CARSALADE, 2003; SALVATORI, 2015). Diante disto, a tarefa do ensino de Arquitetura torna-se crítico, para o qual os estudantes também precisam estar abertos e suscetíveis a mudanças (SCHÖN, 2000). Como relatado por Donald Schön:

(...) o ateliê de projetos compartilha de um paradoxo geral que acompanha o ensino e aprendizagem de qualquer competência ou ideia nova, porque o estudante busca aprender coisas cujo significado e importância ele não pode entender de antemão (SCHÖN, 2000, p.73).

Ainda segundo o autor, as ideias criativas são o resultado de operações mentais cuja originalidade depende dos processos empregados e de como o conhecimento é acessado, baseando-se em três processos: combinação, associação e comparação, os quais servem como princípios de várias técnicas de estímulo à criatividade. Estes, por sua vez, podem ser aplicados em diversas fases do processo criativo do Projeto de Arquitetura, de modo que facilite a resolução do problema e incentive o conhecimento. Neste caso, entendendo que não há fórmulas precisas que unam a forma, a função e a tecnologia, os profissionais aplicam as informações, a experiência e a compreensão do problema de maneira heurística (KOWALTOWSKI; BIANCHI; PETRECHE, 2011). Nessa construção de conhecimento, a experimentação constante perdura conforme o potencial e momento de cada estudante e, ao propor

um modelo de raciocínio, o professor consegue traçar um caminho em que os discentes possam ou não ter a capacidade de elaboração conceitual, na qual eles conseguem se apropriar do conhecimento. Considera-se ainda que os erros devem ser os pontos de partida que possibilitam novas alternativas de leitura do mundo, mas também a valorização da autoestima dos estudantes estimula o seu potencial criativo (RHEINGANTZ, 2003).

Há alguns anos, Hélio Costa Lima criticou a “entradas” tradicionais de projeto nas Escolas de Arquitetura porque seu fluxo de aprendizado segue *forma-função-técnica* ou *função-forma-técnica*. Essa sequência é fragmentada a partir da tríade vitruviana, as quais resultam em duas tendências: o “formismo”, que se fundamenta na imagem e no monumentalismo do edifício, e o “plantismo”<sup>1</sup>, que reduz a espacialização a um raciocínio bidimensional, especialmente por conta da supervalorização da planta baixa e dos *softwares* de representação gráfica (LIMA, 2003). Trata-se de uma formação moralizadora que impõe uma ideia de Arquitetura centrada na utilidade, o que leva os discentes a pensarem mais como uma “arquitetura-serviço” do que uma “arquitetura-arte”. Desta maneira, a criatividade fica limitada aos Elementos da Arquitetura (por exemplo, climas extremos ou novos sistemas construtivos), resultando no “plantismo” (MARTINEZ, 2000).

**A planta produz a ilusão de que se domina a realidade tridimensional, um efeito particularmente grave na fase de formação do arquiteto.** Esse domínio das três dimensões não apenas não é verdadeiro para quem está aprendendo; mas ainda, imaginar o todo por meio da planta requer um esforço enorme e no caso de escalas muito grandes como no desenho urbano, isso pode levar a erros graves (MARTINEZ, 2000, p. 39, grifo nosso).

Nos dois casos podemos fazer relação com duas armadilhas do processo de projeto: a do **quebra-cabeça** se dá quando o projetista procura usar uma resposta certa para o problema, fixando um formato de envoltório externo e tentando encaixar os espaços necessários; e a do **ícone**, na qual o desenho começa a dominar a conversa e transforma-se no objeto projetado, que pode substituir o objetivo inicial. Quanto mais o projeto está longe da possibilidade de concretização, mais o desenho se torna potente nessa conversa, que é o que acontece na maioria das vezes pelos projetos desenvolvidos pelos estudantes durante a graduação (LAWSON, 2011). Segundo Martinez (2000), em algum momento os estudantes passam da dificuldade de coordenar os diferentes modos de se chegar em um objeto, na tentativa de dar

coerência aos diagramas e modelos da sua imaginação com os edifícios que conhece na realidade. Então os principais meios de projeto atingem uma autonomia, e as plantas mostram um perfeccionismo gráfico com que pontos estruturais que, muitas vezes não aparecem nos cortes. (MARTINEZ, 2000). De acordo com os estudantes, a habilidade de usar o computador já é mais valiosa do que aprender estratégias projetuais (MASRI, 2017). O que Hélio Piñon chama de “arquitetura do espetáculo”, em que se tem apenas essa “expressão de uma ideia”, e que, deve ser substituída por uma “representação da construção”. O autor cita alguns exemplos que poderiam ser entendidos como o oposto do que se ensinava nas Escolas de Arquitetura, porque tratam de recuperar uma competência técnica que assume uma credibilidade construtiva – material e formal – e com seu sentido histórico garante uma qualidade artística e de utilidade social (PIÑÓN, 2007, on-line).

Na realidade, a própria noção de academia comporta o conhecimento do saber e objetiva a eficácia da sua transmissão, condições básicas de qualquer processo didático; um conhecimento e uma eficácia na transmissão aos quais o ensino atual renunciou, em favor de uma docência baseada na espontaneidade, que acaba convertendo-se em um tipo de pantomima da criatividade, que leva à “inovação e ao espetáculo” (PIÑÓN, 2007, on-line).

Ao projetarem um edifício, o ateliê se torna o melhor contexto de aprendizado dos aspectos tecnológicos, inclusive os estruturais. A partir desse ponto de vista, não se deve esperar que um único professor sirva como referência para a totalidade de informações e características de um projeto arquitetônico. Do mesmo modo, os docentes de Estruturas necessitam de mais experiência e conhecimentos na concepção de edifícios e sua construção do que na ciência deles e de seus componentes. É importante apresentar para os estudantes igual preocupação com os tópicos técnicos, formais ou espaciais, pois são indissociáveis e precisam ser agregados para produzir bons edifícios (RHEINGANTZ; CUNHA; KREBS, 2016). Os discentes de Arquitetura precisam explorar a função da estrutura em seus projetos e buscando maneiras de integrar o conhecimento adquirido nas matérias de tecnologia e desenvolver uma habilidade intuitiva/reflexiva para concebê-la. Semelhante ao ensino do projeto arquitetônico, tal competência pode ser obtida ao longo do curso através de um ensino prático e ativo (WHITEHEAD, 2015). O objetivo é desenvolver nos estudantes uma inteligência visual e tácita estrutural, e encorajando-os a ter mais interesse pelos sistemas estruturais como um tópico de projeto (WETZEL, 2012).

O arquiteto nasce dentro de uma formação generalista, com um vasto campo de conhecimento para explorar, com temas principais sobre projeto, da construção e da tecnologia. No entanto, quando se trata de concepção estrutural a situação se complica (GARAVAGLIA; BASSO; SGAMBI, 2020). A habilidade de conceber estruturas dentro do contexto de projeto é entendida como a capacidade de desenvolver propostas que empreguem e integrem aspectos dos dois assuntos. Essa “sensibilidade estrutural”, é comumente ensinada nos módulos moldados por engenheiros e muitas vezes focam na análise numérica das estruturas e no dimensionamento de seus elementos (HERR, 2013). Esse atual ensino de Estruturas reside numa parte mais analítica do que sintética, enquanto a parte conceitual é apenas discutida nos termos tipológicos (VRONTISSI *et al.*, 2018). Por isso, é comum ver estudantes de Arquitetura tratarem com indiferença tudo que está relacionado aos assuntos de Estruturas (CHARLESON, 2005).

Outro problema encontrado nesse campo é que o papel crítico e fundamental que as estruturas exercem no processo de concepção é, muitas vezes, ignorado nas disciplinas de Projeto (CALLAHAN; SHADRAVAN; OBASADE, 2019). Como comentado anteriormente, o pensamento estrutural é deixado de lado desde o início do processo devido à sua sequência. Consequentemente, a exploração das formas da estrutura dentro desse processo de projeto, normalmente, é “finalizada” separadamente pelos estudantes, sem a interação com o professor (BECKER, 2013) o que resulta na maior parte dos estudantes vê a estrutura como algo a ser adicionado posteriormente (FOXÉ, 2013).

Em alguns casos, eles se sentem paralisados quando escutam “mostrar a estrutura na próxima aula”, porque não sabem o que isso significa, por não saber o material a ser utilizado, como calcular os vãos e porque desejam que o projeto pareça mais aberto, normalmente confundindo os limites da sua estrutura. Eles também assumem que as decisões estruturais só poderão acontecer depois que uma rígida parede impermeável for colocada entre o programa, isto é, os espaços internos e o ambiente externo (FOXÉ, 2013).

(...) é preciso libertar-se da ideia preconcebida de estrutura que sustenta o esqueleto que sustenta a edificação. Esta ideia relega a estrutura à única e, por que não dizer, ingrata função de um mal necessário, algo desprovido de criatividade e com certa ponta de preconceito, se posta como “coisa de engenheiro” (BOGÉA; LOPES; REBELLO, 2006, p. 316).

Nesse sentido, sempre haverá uma desconexão em transmitir conhecimentos ao ministrar aulas explicativas em salas de aula e aquelas de dentro do ateliê. Historicamente, há uma separação física, temporal e instrucional entre esses dois tipos de ensino nos currículos de Arquitetura (CALLAHAN; SHADRAVAN; LEINNEWBER, 2016). Essa dissociação se origina nas disciplinas de Estruturas porque, em sua grande maioria, apresentavam metodologias inadequadas para este tipo de formação (OLIVEIRA, 2008; REBELLO; LEITE, 2015; SARAMAGO, 2011). O que implica em uma formação em Arquitetura defasada devido a esta segmentação entre o eixo de projeto e os componentes curriculares de Estruturas.

No meio acadêmico, costuma-se ver a colaboração como uma exceção e não como uma regra, o que leva a uma limitação da instrução sobre estruturas as salas de aula do tipo palestras com uma sequência da física, da estática, da resistência dos materiais e da análise estrutural, como se o cálculo fosse o único caminho para uma compreensão desses conteúdos. Isso faz com que a concepção estrutural se torne um fardo para os estudantes de Arquitetura e para os professores (WETZEL, 2012).

Muitos autores (HERR, 2013; MACNAMARA, 2012; QINYING LI; YONGHENG HU, 2014; WHITEHEAD, 2015) comentam que o ensino de estruturas também deve ser um ensino ativo e essencialmente integrado ao Projeto de Arquitetura, mas, na prática, isso frequentemente não é observado durante a formação do arquiteto urbanista. Semelhante ao ateliê, os assuntos estruturais devem ser ensinados através da observação, do fazer e de um pensamento crítico, sendo respaldado pela matemática para que os estudantes ganhem confiança no processo de criação (AZIZ; BANE; FAHMI, 2007).

Ensinar princípios da engenharia estrutural para estudantes de Arquitetura tem um primeiro e principal objetivo que é transmitir o conhecimento que um arquiteto deve possuir, tanto para que ele consiga interpretar e produzir sistemas estruturais básicos e quanto possa compreender estruturas mais complexas. O segundo, e talvez ainda mais importante, é inspirar os estudantes a reconhecerem e buscarem um potencial de expressão tectônica entre os sistemas estruturais e a Arquitetura (OAKLEY, 2019).

Tendo em vista que a utilização de atividades práticas para o ensino de Estruturas não é algo raro na graduação de Arquitetura, elas ainda carecem de uma abordagem mais aplicada ao Projeto Arquitetônico (MACIEL; SOUZA; MODLER,

2015). Percebe-se que iniciativas de inserção da concepção estrutural conceitual podem ser favoráveis já no primeiro ano da graduação em Arquitetura (WETZEL, 2012). Muitos autores (HERR, 2013; MACNAMARA, 2012; QINYING LI; YONGHENG HU, 2014; WHITEHEAD, 2015) comentam que o ensino de estruturas também deve ser um ensino ativo e essencialmente integrado ao projeto de arquitetura, o que, normalmente, não acontece. Por esse motivo, o *Problem and Project Based Learning* (PPBL) é considerado um método eficaz para este tipo de integração (EMAMI; BUELOW, 2016; ILKOVIČ; ILKOVIČOVÁ; ŠPACEK, 2014).

Deste modo, vê-se a necessidade de trazer à superfície a complexidade do ensino de Projeto de Arquitetura, a formação em Estruturas pouco condizente com o curso, e a conseqüente dissociação entre as duas áreas, que repercute no ensino dentro do ateliê, mais especificamente no processo de ensino/aprendizagem da concepção estrutural. Portanto, o **objeto de estudo** da tese focaliza a integração e a didática da concepção estrutural no âmbito do ensino de Projeto de Arquitetura em Instituições de Ensino Superior (IES) no Brasil.

Diante do exposto, há dois questionamentos que marcaram o encaminhamento desta pesquisa:

- 1- Frente à dificuldade aparente no ensino/aprendizado do Projeto de Arquitetura em termos do desenvolvimento da estrutura desde as fases iniciais do processo projetual e considerando que o ensino tecnológico deve servir como base para a didática da concepção estrutural na graduação de Arquitetura e Urbanismo (AU), questiona-se: **como está sendo ensinada a concepção estrutural nos ateliês de projeto dos cursos de Arquitetura no Brasil?**
- 2- E, sobretudo, pergunta-se: **de que maneira pode ser favorecida a integração da concepção estrutural no processo de ensino e aprendizagem do Projeto de Arquitetura no âmbito do ateliê?**

Acredita-se na existência de métodos e técnicas de ensino de Projeto de Arquitetura que podem contribuir para a concepção estrutural integrada à concepção arquitetônica (**hipótese da pesquisa**). Uma das possibilidades é a produção de modelos físicos como estratégia que pode ser desenvolvida no ambiente do ateliê, uma vez que a disciplina de Projeto de Arquitetura tem como característica principal

um ensino prático reflexivo, ou seja, o aprender fazendo, conforme afirma (SCHÖN, 2000).

Sendo assim, o **objetivo geral** desta tese é entender e avaliar como ocorre a integração da concepção estrutural no ensino/aprendizagem do Projeto de Arquitetura nos cursos de AU em duas universidades brasileiras. Para tanto, os **objetivos específicos** buscaram: analisar características de currículos de cursos brasileiros com foco numa formação mais tecnológica; verificar, de modo geral, como o ensino da concepção estrutural acontece dentro do ateliê; identificar quais métodos e técnicas contribuem para esse tipo de integração; analisar até que ponto os projetos dos estudantes refletem tais aspectos didáticos; e, por fim, propor recomendações para melhoria nessa área.

Metodologicamente, as etapas de pesquisa iniciaram-se com a compreensão do problema, depois partiu para o levantamento de referências e modelos didáticos, seguindo para a investigação empírica no ateliê de Projeto em duas IES nacionais, posteriormente, para a realização de testes de estratégias de ensino, e por fim, a ponderação dos resultados obtidos e análise dos métodos propostos.

Em vista disso, foi realizada uma pesquisa exploratória de **abordagem qualitativa** com procedimentos de investigação **observacional** (Análise de Disciplinas) e **experimental** (Realização e Análise de Oficinas de concepção estrutural). Correlacionando os objetivos específicos com a Metodologia, inicialmente partiu-se para uma **abordagem sistêmica**, que vai da base teórica e empírica, para dados secundários, neste caso, a Análise dos Currículos dos cursos de AU no Brasil, depois para os dados preliminares com a Análise de Disciplinas, e por fim, a fase de formulação de alternativas e avaliação com a realização das Oficinas. Para a pesquisa aplicada, optou-se pela realização de **estudos de casos** em duas IES selecionadas, como será exposto no capítulo que detalha os procedimentos metodológicos.

A tese está dividida em duas partes: referencial teórico-conceitual (Capítulos 1 e 2) e Pesquisa Aplicada (Capítulos 3, 4 e 5). O **primeiro capítulo** tem como propósito discutir pontos sobre o ensino de Projeto de Arquitetura: inicialmente, as dificuldades do ensino dentro do ateliê, depois diferenças da didática mais tradicional advinda da *Beaux Arts* até alternativas pedagógicas atuais, em seguida, quais os desafios

renovados com as ferramentas computacionais, a prototipagem rápida e a fabricação digital.

No **segundo capítulo**, pretende-se entender, primeiramente, alguns tópicos levantados por alguns autores sobre o tipo de ensino de Estruturas que vem sendo aplicado nas Escolas de Arquitetura e a importância de um aprendizado ativo e mais qualitativo de seus conteúdos para uma melhor formação dos futuros arquitetos. No item 2, busca-se entender a inserção da concepção estrutural no processo, trazendo alguns conceitos e pontos a serem considerados nele conforme afirmam alguns autores. Por último, explicar algumas particularidades desse tipo de ensino e trazer abordagens que parecem ter sido positivas em algumas instituições de ensino ao redor do mundo.

No **terceiro capítulo**, são explicados os procedimentos metodológicos e a definição do universo da pesquisa, que conta com a Análise de Currículos de alguns cursos de Arquitetura do Brasil e que ajudou no momento de escolha da IES a ser estudada de forma mais aprofundada. O **quarto capítulo** traz a Análise das duas disciplinas que têm como tema a Verticalidade nas edificações, sendo o Estudo Piloto realizado na disciplina de Projeto IV na UFRN apresentado no item 4.1; já o item 4.2 trata da pesquisa empreendida na disciplina de Projeto IX na UNICAMP. Ambos os estudos estão divididos em: Análise da Ementa e do Plano de Curso; Observação direta da disciplina; Entrevista coletiva com os discentes; Entrevista com o Professor; Análise dos Projetos dos estudantes; e Análise Geral da disciplina.

No **quinto capítulo**, também dividido em dois itens, estão registradas as duas propostas e análises dos resultados das Oficinas de Concepção Estrutural integrantes das Semanas de Arquitetura promovidas e organizadas pelos estudantes, uma na UFRN e outra na UNICAMP. Em ambas as experiências, as principais atividades foram a concepção e a fabricação de modelos físicos. A primeira realizada presencialmente e a segunda através da plataforma de vídeo-conferência do *Google*.

Por fim, o **último capítulo** se destina à Discussão dos Resultados para, em seguida, se fazer Considerações Finais sobre o estudo, respondendo aos questionamentos iniciais e retomando a hipótese da pesquisa, de forma a estabelecer uma articulação entre os resultados coletados nas disciplinas e nas oficinas. Procura-

se também destacar as contribuições da tese para o tema e apontar questões para pesquisas futuras.

# 1. ENSINO DE PROJETO DE ARQUITETURA

---

O debate acerca do ensino de Projeto de Arquitetura não é atual no Brasil e um dos principais marcos dessa discussão foi o livro “Projeto de Arquitetura: Disciplina em Crise, Disciplina em Renovação”, de Carlos Comas, em 1986 (há quase 40 anos). A partir daí, frente aos problemas apontados pelos autores da época, muitas pesquisas surgiram, a exemplo dos Seminários Projetar e dos Encontros da Associação Nacional de Pesquisas da Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo (ENANPARQ), além de teses e dissertações na área. Atualmente, o tema ainda se mostra um terreno fértil para futuras investigações devido às suas características de ensino e às inovações tecnológicas advindas. Levando em conta algumas das publicações sobre o assunto, este capítulo se divide em três principais tópicos: o primeiro, visa entender a multiplicidade dos obstáculos dentro do ensino de Projeto de Arquitetura; em seguida, serão trazidas algumas das abordagens didáticas que surgiram ao longo do tempo e tipos de ateliê que fogem um pouco dos paradigmas advindos do ensino tradicional do mestre-aprendiz; e, por último, discute como as constantes mudanças dos tempos atuais trouxeram e podem trazer novos desafios para a aprendizagem do ato de projetar.

## 1.1 A complexidade do ensino de Projeto de Arquitetura

O Ensino de Projeto de Arquitetura é um desafio que envolve professores e estudantes em uma prática reflexiva (SCHÖN, 2000) e de base dialógica em um ambiente com configurações diferentes de quando se imagina uma “sala de aula” (LEBAHAR, 1999). O ateliê é visto como um espaço de criatividade e trabalho árduo, que visa exercitar uma habilidade altamente complexa e sofisticada, a qual não deriva de um talento místico, mas de uma atividade que precisa ser aprendida e treinada, algo semelhante à prática de um esporte ou instrumento musical (LAWSON, 2011). O ensino de Arquitetura é o caso em que se aprende resolvendo problemas e é um processo educacional amplo que vai além da transmissão do conhecimento técnico, das informações ou do simples adestramento para a atividade profissional (CARSALADE, 2003). Em geral, ele acontece através de uma prática, justamente do projeto, que é empiricamente abordada pelo estudante, ou seja, baseada na

experiência e na observação. Assim, o conteúdo desse tipo de ensino é a **concepção arquitetônica** (BOUDON *et al.*, 2000).

Jean-Pierre Chupin (2003) argumenta que a capacidade de prever o futuro inerente do projeto é diferente da normatividade científica que busca entender as coisas e não transformá-las (CHUPIN, 2003). Talvez essa busca por posicionar o projeto de Arquitetura em um campo científico tenha levado Boudon a tentar identificar uma “arquiteturologia”, pois é um campo em que seu objetivo não é estudar o objeto arquitetônico e sim a concepção, ou seja, se interessa pelo espaço virtual, o que ainda não foi realizado, sob uma perspectiva material e cognitiva, e além de tudo da “**poética**”. Nesse caso, surge o “espaço arquitetrológico”, que não é um método de concepção, mas um espaço virtual em que o objeto arquitetônico não precisa ser completamente definido ou detalhado, contudo, seguir as hipóteses de projeto de forma geral e permitir a análise do arquiteto (BOUDON *et al.*, 2000).

Sobre esse assunto, Chupin (2003) acredita que existe uma tensão constitutiva entre o assunto e o objeto: não pode haver método consensual, sem considerar as muitas fases da tarefa de conceber; e não pode haver pedagogia, sem trazer à tona as rejeições relacionadas ao caminhar da concepção. Nesse sentido, também há uma dificuldade na linguagem universitária, porque o projeto não se trata totalmente nem de uma arte, nem de uma ciência. Logo, podem-se considerar três tipos de projetos com três objetivos diferentes dentro das escolas de Arquitetura: o impulso monumental do campo profissional, o objeto de ensino no contexto pedagógico e o objeto de conhecimento no âmbito da pesquisa (CHUPIN, 2003). Neste caso, entende-se que o projeto é uma hipótese e não uma Arquitetura ainda, e isso se confirma muito mais no meio acadêmico, porque os projetos elaborados, por mais admiráveis que sejam, dificilmente passarão de propostas (VELOSO; ELALI, 2003).

O “saber de ofício” está relacionado à dimensão concreta, na qual a forma busca nos materiais as suas qualidades e possibilidades, os elementos constituintes, sua característica compositiva e seus meios técnicos, que estão vinculados ao contexto em que estão inseridos. Aprender a entender a arquitetura é também sentir a dimensão latente do espaço, do vazio e seus efeitos, lugares, formas, forças exteriores e interiores, energias, intensidades que atuam na percepção dos indivíduos.

Nesse caso, projetar é prever essa percepção, ou seja, o “viver” e o “sentir” do outro dentro do espaço (PINTO, 2007).

Quando se trata de ensino de projeto, Chupin (2003) também afirma que não se valoriza o processo, sendo seu paradigma apenas o aprender a “pro-jetar”, no sentido de antecipar ou colocar para frente, e que também é importante a definição dos “chuleios do projeto”, que dizem respeito ao “estabelecimento das relações da heterogeneidade”. Estes tratam sobre a associação de um pensamento analógico, que busca identificar semelhanças entre dois domínios: o projeto como simulação do real e o projeto como uma transferência entre construir e instruir. Em seu trabalho, a analogia não se apresenta como forma de comparar imagens – nesse caso, situações, mas pretende ser uma forma de pensar e de costurar (CHUPIN, 2003).

Dessa maneira, **ensinar projeto** não é uma tarefa simples, porque exige dos professores habilidades de análise e síntese, conhecimento de técnicas de representação e a capacidade de envolver diferentes assuntos, interpretar problemas e achar suas respectivas soluções espaciais. O professor atualmente deve ser um educador, não apenas aquele que passa o conhecimento, mas que fornece instrumentos para a sua produção (VELOSO; ELALI, 2003). Um bom instrutor de projeto tem à disposição ou pode inventar estratégias de instrução, questionamento e descrição (SCHÖN, 2000).

O “saber-fazer”, hoje, não é mais o centro da atividade docente de projeto, ainda que um pouco de experiência prática seja importante para a compreensão do processo de concepção, representação e desenvolvimento de certa sensibilidade. Esse conhecimento latente, no entanto, também pode ser vivenciado por meio de projetos de pesquisa e extensão universitária. O desenvolvimento da capacidade didático-pedagógica está relacionado a alguns pontos: **“saber ensinar” e “saber avaliar”**, além do entendimento do projeto como um processo dinâmico e criativo continuado. Sendo assim, o futuro docente precisa: “saber” – uma formação teórica e conceitual sólida em arquitetura e áreas afins; “saber fazer” – um pouco de prática que lhe dê uma visão do processo; “saber ensinar e saber avaliar” – **senso didático pedagógico** que possibilite a transmissão do “saber” e do “saber fazer”; e, por último, “saber aprender/reaprender” – **senso crítico e autocrítico** (VELOSO; ELALI, 2003). Portanto, o papel do docente, neste caso, é ensinar o estudante a sentir, a pensar e a

fazer e, assim, a projetar com base nos aspectos culturais e atemporais, e de sua consciência crítica, estética e ética e, além de tudo, refinar o olhar e outros sentidos para tornar atentas as experiências arquitetônicas pessoais e bibliográficas cotidianas (PINTO, 2007).

Assim como Veloso e Elali (2003), Salama (2015) afirma que tais questões podem ser amenizadas se levarmos em consideração os seguintes aspectos: educar jovens professores sobre a verdadeira razão por trás do sistema de bancas, que é ensinar aos estudantes e avaliar de forma justa sua performance; escrever os critérios de avaliação e elaborar regras que deverão ser seguidas pelos estudantes e pelos jurados; e reduzir ou remover o poder dos membros externos de estipular notas. Por outro lado, Rheingantz, Cunha e Krebs (RHEINGANTZ; CUNHA; KREBS, 2016) também expõem que não se pode esperar que um único professor de projeto sirva de única referência para reunir uma totalidade de aspectos do projeto de Arquitetura.

Paulo Afonso Rheingantz (2003) também traz uma questão importante quando afirma:

(...)avaliar é atribuir qualidades sobre os resultados relevantes da aprendizagem, e não apenas à capacidade de resposta dos alunos; aprendi, também que essas qualidades decorrem das **condutas dos professores e alunos.**" (RHEINGANTZ, 2003, p. 109-110).

Aspecto também comentado por Regina Malard (MALARD, 2005), quando coloca sobre quatro dificuldades de avaliar projetos: 1- em projeto não há certo e errado; 2- envolvimento pessoal do professor; 3- avaliar o processo pelo produto; e 4- por último, a receptividade do estudante, ou seja, o que ele espera do resultado da avaliação do seu trabalho.

Avaliar a performance do estudante através do projeto reforça a visão da arquitetura como uma expressão artística. Com base nas bancas de avaliação e técnicas de ensino um-a-um, espera-se dos estudantes que respondam positivamente, já que eles acreditam no poder dos seus instrutores de projeto; eles são encorajados a assumirem que seus professores sabem como projetar e como eles podem responder a problemas particulares, usando as noções dos seus mentores em vez de usarem suas próprias experiências de mão-na-massa. Portanto, o modo de comunicação e estilo de ensino são baseados apenas em uma antiquada abordagem 'mostrar e dizer', falando para os estudantes o que fazer e como fazer. Enquanto tais misteriosas características centradas no professor continuam a ser parte integral do ensino de projeto, existem muitas abordagens que podem ser utilizadas para aprimorar os estilos cognitivo e de aprendizado dos

estudantes, e ajudá-los a formar e formular suas próprias atitudes, aptidões e valores. (SALAMA, 2015, p. 103-104) <sup>1</sup>.

Nas demais disciplinas do curso de Arquitetura as pedagogias são mais variadas e, na maior parte dos casos, predomina o ensino dito erudito que, apesar de tudo, trata da transmissão de conteúdos e habilidades, sendo um método explícito e específico. Diferentemente, no ateliê, o objetivo é transmitir um capital cultural acumulado do professor para o estudante, com parâmetros de avaliação pouco claros. Nesses casos, os estudantes se submetem a exigências contraproducentes dos professores, cedendo às autoridades destes e às comissões julgadoras. Deixam de lado sua vida social, momentos de lazer, entre outros para realizar um trabalho inesgotável (SALVATORI, 2015). Para eles, resta a preocupação sobre como serão tratados durante a banca, o desejo de saber antecipadamente os critérios de avaliação, para que tenham tempo suficiente para elaborar uma apresentação (com a finalização do semestre e exigências das demais disciplinas exigindo esforço tremendo), a fim de que tenham oportunidade de articular e conseguir defender seus pontos de vista, para que, assim, possam ter um claro, conciso e prático *feedback* (SALAMA, 2015).

Em alguns dos artigos do livro “*Changing Architecture Education*”, publicado em 2000, John Cowan (2000) estabelece que conversa sobre a avaliação dos projetos em conjunto com uma etapa de análise e o *feedback* dos estudantes sobre o ensino abrem caminhos para a melhoria da prática dentro do ateliê. Nesse momento, o autor coloca quatro principais perguntas: “1- Quais foram os resultados mais importantes dessa troca para você?; 2- O que a professora fez que mais contribuiu para isso?; 3- O que foi menos eficaz para você?; 4- Você pode identificar por que isso pode ter acontecido?”<sup>2</sup> (COWAN, 2000, p. 241). Nesse mesmo exemplar, Rosei White apresenta um método de apreciação dos projetos liderada pelos estudantes como dispositivo de aprendizado dentro do ateliê e como forma de melhorar suas capacidades de investigação e colaboração (WHITE, 2000).

Outra questão é que o ensino de projeto não se enquadra nos paradigmas educacionais convencionais e se caracteriza por ser uma **formação generalista** (PIÑÓN, 1998; PINTO, 2007). Dentro desse contexto, a concepção formal do espaço

---

<sup>1</sup> Tradução livre a partir do inglês.

<sup>2</sup> Tradução livre a partir do inglês.

é uma atividade contínua em que todas as matérias que caracterizam o ensino em Arquitetura se tornam dados e critérios válidos (PIÑÓN, 1998). Muitos autores indicam a disciplina de projeto como o **eixo do curso** de Arquitetura (BOUDON *et al.*, 2000; LARA, 2003; SALAMA, 2015). O ambiente do ateliê é, assim, o legitimador da cultura arquitetônica na qual o aspecto social é importante. Todas as demais disciplinas deveriam convergir para esse eixo de formação, mas na prática não se sabe ao certo como executar essa tarefa de maneira continuada (SALVATORI, 2015).

A **fragmentação disciplinar** junto às inconsistências dos Projetos Político Pedagógicos (PPP) vão de encontro ao desejado perfil generalista nos cursos de Arquitetura e Urbanismo. Essa inconsistência estrutural é decorrente do desinteresse dos professores em desenvolver a teoria e a prática da educação em favor destas duas dentro da arquitetura em si. Assim, os PPPs se limitam a atender as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Arquitetura e Urbanismo (BRASIL, 2006), o que leva à falta de integração entre as disciplinas e, em consequência, torna o processo dos acadêmicos incompleto e falho (RHEINGANTZ; CUNHA; KREBS, 2016). Essencialmente, muitos dos problemas do ensino de projeto no campo da arquitetura surgem devido à quantidade de assuntos e muitos são inerentes ao ensino prático, o que acarreta a diminuição das considerações sociais, econômicas ou políticas. Essas escolas tendem a dar maior ênfase às habilidades e técnicas, o que, conseqüentemente, põe os estudantes em uma constante tensão com os conhecimentos abstratos e teóricos (SALAMA, 2015). Dentre outras causas dessa situação, como citado por Maria Amélia Leite em 2011, temos: 1- o grande número de escolas de Arquitetura e Urbanismo no país; 2- o excesso de burocratização do ensino de Arquitetura com o excesso de normas, regras e disciplinas, as quais terminam sem integração entre si; 3- e a falta de experimentação adequada na formação do arquiteto (LEITE, 2011 *apud* PANET, 2015).

No âmbito das pesquisas sobre o assunto no Brasil, algumas teses tiveram como tema a problemática da **integração dos conteúdos** dentro do ateliê (LEITE, 2005; MEDEIROS, 2017; NARUTO, 2006; TEIXEIRA, 2005), enquanto outras tentam entender a influência deste tópico nos trabalhos finais de graduação (ARCIPRESTE, 2012; BALBI, 2018; CAVALCANTE, 2014). É importante notar que a maior parte delas traz a questão do **afastamento do arquiteto do canteiro de obras** e, semelhante a Jorge Cruz Pinto (PINTO, 2007), comenta sobre a importância da temática da

construção e da formação técnica dentro do ateliê. Já Hélio Piñón (2012) critica o que chama de “redução à imagem”, decorrente do agente transformador do projeto chamado “o conceito” ou “a ideia”, explicado também como parâmetro de conferência das decisões de projeto e que provocou a mudança no perfil do arquiteto, que deixou de ser “construtor de projetos” e passou a ser “gestor de imagens”. O autor coloca que essa “perda de tecnicidade” também teve uma grande incidência no meio acadêmico (PIÑÓN, 2012). Aprende-se primeiro a desenhar e não a construir (MARTINEZ, 2000).

Esse fenômeno, cuja incidência negativa no âmbito do projeto não foi valorizada como merece, propiciou o abandono da dimensão construtiva da arquitetura – em sua dupla aceitação: material e forma – para assumir um objetivo iconográfico, disciplinado pelo simples propósito de “expressar ou simplesmente comunicar” – a ideia. (PIÑÓN, 2012, p. 44).

Frente a estas questões, Salama (2015) atenta para estudos que apontam um caminho em que diferentes tipos de conhecimento podem ser incorporados e integrados nas práticas do ensino dentro do estúdio; neles é imperativo integrar e aplicar a literatura e pesquisas sobre o comportamento social, além de experiências da vida real. É essencial que os estudantes sejam encorajados a reconhecer contradições na sociedade e no ambiente construído e que lhes seja apresentado como proceder e produzir soluções práticas para tais problemas (SALAMA, 2015). Também existe a necessidade de elaboração de uma pedagogia projetual em Arquitetura que seja sistematizada e fundamentada, e tenha a capacidade de substituir os antigos hábitos.

Seguindo essa linha, em primeiro lugar, ensinar diretamente o conceito não trará resultados positivos, porque o estudante repete e simula o conhecimento; em segundo, os conceitos expressos em palavras representam atos de generalização; em terceiro, o processo mental não é compartimentado em tópicos; e, por fim, o currículo deve favorecer a **interdisciplinaridade** (RHEINGANTZ, 2003). Neste caso, precisamos mais do que reorganização das disciplinas, inserção dos conteúdos e novas práticas dentro do ateliê, precisamos de uma reestruturação disciplinar, definindo primeiramente os limites epistemológicos da profissão e posteriormente criando pedagogias capazes de respondê-los (SALVATORI, 2015).

A contextualização do problema de projeto parece contribuir para o seu ensino nos âmbitos cultural, social e de memória, com uma proposta didática que inclua os **conceitos construtivistas** e o potencial dos conhecimentos prévios dos estudantes,

onde a memória recebe destaque. A estratégia é utilizar temas que tenham forte apelo da memória pessoal do estudante e instigar durante todo o momento de orientação. Já a questão cultural gera um desejo de participação e estímulo à contribuição social que não pode ser menosprezado pelo ensino de projeto. Sobre esse assunto existem três campos de ação: o primeiro é a seleção dos conteúdos numa dimensão mais simbólica das formas como expressão cultural, como estudo de precedentes e utilização da discussão de maneira educativa, com referências pessoais que facilitem o processo criativo; o segundo é estimular os estudantes a atuar ativamente na cultura, ou seja, como agente transformador, que é o apelo feito pelo construtivismo; e, por fim, a escolha do tema do ponto de vista não só técnico, mas cultural, isto é, uma situação-tema que seja atual e pertinente (CARSALADE, 2003).

Quando as pessoas trabalham em projetos nos quais se interessam, isso parece bem óbvio que elas irão estar mais motivadas e desejando trabalhar mais e por mais horas – mas isso não é tudo. A paixão e a motivação fazem com que elas estejam mais conectadas com novas ideias e desenvolvam novas forma de pensar. O seu investimento no interesse paga com novo conhecimento. (RESNICK, 2017, p. 68)<sup>3</sup>.

O que interessa aqui é sugerir que uma sistematização desse conhecimento pode ser alcançada sem afetar o potencial criativo do estudante ou do arquiteto. Isto não quer dizer que sejam necessárias fórmulas a serem seguidas ou regras para o processo de projeto, mas entender, de modo consciente e organizado, o que se passa nele (LARA, 2003). A teoria do aprendizado experimental começa com a experiência, continua com a reflexão e depois conduz à ação, a qual se torna uma experiência concreta para reflexão. Neste ciclo, a experiência concreta é seguida da observação e reflexão, que conduzem para a formulação de conceitos abstratos e generalização, onde, mais tarde, são testadas implicações desses conceitos em novas situações através da experimentação ativa (DEMIRBAŞ; DEMIRKAN, 2003).

O ensino de Arquitetura precisa responder às desvalorizações derivadas da fragmentação da área e às esperanças que podem acarretar **uma pedagogia alternativa**, gerando assim um padrão de práticas reflexivas que possam ser mais convenientes às questões da sociedade tecnológica, sem necessariamente ser um racionalismo técnico. Neste âmbito deve-se ter o cuidado com a disciplinas de planejamento, porque a realização de um projeto pode deixar de lado o cuidado com

---

<sup>3</sup> Tradução livre a partir do inglês..

o ato de ensinar. Este último é o princípio-base desse tipo de pedagogia, que precisa oscilar entre agir e não agir, **criar modelos e duvidar deles, já que não podemos compreender completamente esse tipo de ensino** (CHUPIN, 2003).

A dissociação entre as matérias ensinadas e as demandas da atividade profissional não se explica apenas pelas ementas, conteúdos e foco das grades curriculares. A prática do ateliê também evidencia uma despreocupação geral com o processo de ensino e atenção aos alunos. Segundo Groat e Ahrentzen (1997) no processo de formação é muito importante valorizar as relações interpessoais, ouvir, discutir e entender os medos, dores e alegrias dos alunos (RHEINGANTZ; CUNHA; KREBS, 2016, p. 14).

Já se viu que o processo de projeto não é uma coisa fantasiosa, nem nebulosa, e precisa ser mais coerente e consciente e a visão construtivista (CARSALADE, 2003; LAWSON, 2011; MCDONNELL, 2016). Segundo Helena Salvatori (SALVATORI, 2015), não houve mudanças nos últimos cinquenta anos, porque existe um controle da vida do estudante de projeto que faz com que ele veja os demais aspectos da sua educação como adereços e deixando um pouco espaço para transitar pelo mundo real, o que gera uma inércia nesse tipo de ensino.

Há esforços em ajustar planos de ensino, currículos e projetos pedagógicos, bem como a realização de experiências práticas episódicas – promovidas em geral por professores mais jovens, mais sensíveis à mudança na composição social dos estudantes e as novas realidades do mercado profissional (SALVATORI, 2015, p. 119).

Salama (2015) explica que existe hoje um número significativo de **conceitos chaves** utilizados nos modelos de ensino de projeto, tais como: pensamento criativo (“*creative thinking*”); aprendizado através da experiência (“*experiential learning*”); critério da performance do estudante (“*student performance criteria*”); estilos de aprendizado (“*learning styles*”); investigação crítica (“*critical inquiry*”); aprender na prática (“*learning from practice*”); aprendizado heurístico e mão-na-massa (“*heuristic and learning by making*”); pedagogia baseada no processo (“*process-based pedagogy*”); aprendizado interativo e dialógico (“*dialogic and interactive learning*”); e o “*e-learning*” e a pedagogia virtual. O autor identifica novas trocas de paradigmas dentro do ensino de arquitetura, porém, talvez ainda não efetivas na maior parte dos cursos, mas que existe uma força transformadora nessa área.

Nesta parte do capítulo, viu-se que são muitos os obstáculos a serem vencidos dentro do Ensino de Projeto de Arquitetura, e muitas são as afirmações sobre a

necessidade de mudança dentro do ateliê. Desde o final dos anos cinquenta se questiona o dilema da separação do conhecimento e da sua aplicação no estúdio de Arquitetura, e um número considerável de estudos aponta para a necessidade de uma **formação mais colaborativa** e de coexistência destes dois aspectos no ensino de projeto. Eles defendem que o conhecimento é material base, sem ser um substituto para a imaginação arquitetônica, que é de fato essencial para o exercício dessa imaginação e habilidade, e que um conteúdo inapropriado pode ser um obstáculo no processo de projeto (SALAMA, 2015).

Além da prática do anteprojeto como simulação de um problema real, podem-se e devem-se implementar exercícios menores determinados para a aquisição de um dado conhecimento, com vários níveis, sem que o objetivo seja “aprender tudo” (MARTINEZ, 2000). Estes fatos resultaram no desenvolvimento e adoção de uma grande quantidade de modelos pedagógicos por parte dos professores no campo do ensino de projeto. Talvez essa mudança também seja reflexo de uma maior importância dada à pesquisa nessa área nas últimas décadas, assim, veremos no próximo item um breve histórico do ensino de projeto dito tradicional até outras abordagens de ensino e tipos de ateliê que indicam um caminho para a melhoria dentro do curso.

## **1.2 Do “tradicional” ensino de projeto a abordagens alternativas no ateliê**

Diante da reafirmação da complexidade do ensino de projeto de Arquitetura, de algumas críticas e de proposições feitas por alguns autores, busca-se entender como os pontos colocados estão presentes em alguns métodos de ensino atuais. Este item irá tratar de abordagens de ensino de Projeto de Arquitetura com base nos modelos mais tradicionais ainda utilizados em muitas escolas (como o academicismo inspirado no *Beaux Arts* e o ensino do projeto moderno/funcionalismo) e outras propostas que tentam se desvencilhar ou ir além deles e, por fim, apresentar tipos de ateliê que buscam inserir os estudantes em ambientes de projetos diferentes.

De acordo com vários autores (CARSALADE, 2003; LARA, 2003; SALAMA, 2015; SALVATORI, 2015), o ensino de projeto em Arquitetura tem sido dramaticamente influenciado por modelos antiquados e que não conseguem

responder à necessidade de uma formação contemporânea, merecendo ser revistos e repensados.

Alfonso Corona Martinez (2000) comenta que a separação do projeto da construção e da representação gráfica no Renascimento levou o arquiteto a um processo individualizado e centrado em si mesmo, o que foi visto como uma competência profissional devido à grande importância que se dava aos problemas formais, repercutindo na perspectiva atual da profissão. Para ele, a comparação de procedimentos entre o **academicismo e o funcionalismo** é que o primeiro trata do ato de “compor” e o segundo do de “desenhar”, ao mesmo tempo em que as relações formais são substituídas por uma “disposição racional” para o melhor aproveitamento dos espaços do edifício (MARTINEZ, 2000, p. 29).

(...) observa-se que os métodos didáticos “prontos” prechos de regras e metodologia fechada, como o determinismo formal ou os cânones das Belas-artes, em nada ajudam a autonomia do aluno, confundem o ensino com adestramento ou o repasse de técnicas e também não refletem sobre o método de ensino enquanto desenvolvimento pessoal, mas sim, sobre quais elementos se funda o próprio exercício da arquitetura. (CARSALADE, 2003, p. 147).

Resumidamente, dentre esses modelos, a *École de Beaux-Arts* tinha como fundamento a noção de que o arquiteto é um ser único em seu tempo e um mestre *designer* e “renderizador”, que produz prédios abstratamente no papel. Esse plano funcionou bem até certo ponto, apesar das limitações impostas pela tecnologia dos edifícios e regulamentações governamentais. Desde seu início, a *École* era controlada por um sistema de ensino que empregava profissionais aliados à prática. Depois das revoluções, guerras e mudanças político, financeira e tecnológica, a influência do modelo pedagógico da *École des Beaux-Arts* começou em seu declínio. A Bauhaus, inicialmente, só ensinava cursos de trabalhos manuais e belas artes, mais tarde incorporados ao programa de arquitetura modernista que combinava *design*, arquitetura, pintura e escultura como sinônimo de expressão criativa, então **redefinindo a agenda e o papel do arquiteto**. Sua filosofia reafirmava o arquiteto como o mestre *designer* que poderia tomar todas as decisões de projeto baseado num verdadeiro entendimento da forma, dos materiais, da construção, da economia e da sociologia. Assim, o programa de ensino da Bauhaus era holístico e tinha como objetivo desenvolver a personalidade dos estudantes, assim como promover habilidades técnicas (SALAMA, 2015).

Segundo Lara (2003), essa foi a última troca de paradigma, da *Beaux-Arts* para a Bauhaus. A primeira já buscava, em meados do século XIX, uma ordem no método de projetar, que seria alcançado com o processo compositivo do *parti*. Ocorre que esse método foi progressivamente sendo deixado de lado, tornando-se um jogo vazio de ornamentação, denunciado por Adolf Loos. Em seguida, a Bauhaus, consolidada no século XX, experimentações de vanguarda artística e arquitetônica em um projeto pedagógico rigoroso que marcou a mudança de uma prática “semissublime” para uma disciplinada (LARA, 2003), o que Alfonso Corona Martinez (2000) chamaria de “década racionalista” e descreveria como “libertação do peso dos estilos”. Já para Comas (1986), o projeto modernista herdado da Bauhaus fundamentava-se em dois postulados que se excluem: **funcionalismo e gênio criador** (LARA, 2003).

No ateliê de projeto, a pedagogia mais frequente ainda é a de estabelecer a **interação do tipo mestre-aprendiz, implantada nas Écoles des Beaux Arts há mais de 150 anos**. Trata-se de modelar comportamentos, inculcar valores, estratégias de projeto e esquemas mentais, através do contato prolongado e pessoal em que estas disposições são reeditadas repetidamente – mais do que uma relação baseada na transmissão de processos de conhecimento e na investigação reflexiva – permanecendo o projeto como fruto espontâneo de uma intuição genial e individual. (SALVATORI, 2015, p. 118, grifo nosso)

Dessa forma, durante o período entre metade dos anos 30 e metade dos 60, o ensino de projeto em Arquitetura foi semelhante em muitos países. O foco principal das escolas de Arquitetura era promover uma instrução de projeto em ateliê com aulas apropriadas e práticas como suporte. Nesta época, o ensino de projeto estava dividido em duas vertentes: a afirmação dos princípios da arquitetura clássica (*Beaux-Arts*) ou os do Movimento Moderno (Bauhaus). No final dos anos 60, começaram a surgir certos desafios para a metodologia dita tradicional de ensinar arquitetura, principalmente, porque surgiram novas demandas do planejamento regional, das cidades, além da renovação e melhoria dos locais históricos. Começou-se a questionar como a Arquitetura poderia suprir as necessidades das pessoas em um nível social básico, quando vários eventos da área discutiram pontos-chave para mudanças significativas na área (SALAMA, 2015).

Já a exigência de utilizar os “Elementos de Arquitetura” como uma manipulação geométrica, sem referências às formas tradicionais da arquitetura, aquelas anteriores ao Movimento Moderno, marca uma recuperação tipológica dos anos 70, chamada de **novo academicismo**. As matérias técnico-construtivas forneciam novidades

estruturais e materiais inovadores, já as referentes à representação, por sua vez, promoviam a combinação de formas abstratas e tramas espaciais, ambas servindo de base para as megaestruturas dos projetos (MARTINEZ, 2000). Hélio Piñón, conhecido crítico da arquitetura pós-moderna, afirma que houve um abuso do sistema estrutural e da tecnologia, que encobriu as questões da tectônica essencial do projeto. Esse **estruturalismo**, no entanto, se confundia com esquemas gráficos e geométricos e estava longe de uma consciência espacial, o que manifestava um descontrole dentro do processo de projeto. O autor apresenta vários exercícios projetuais que colocam em ênfase os pontos levantados sobre a aparente inscrição da atual pedagogia de projeto dentro de uma herança modernista (PIÑÓN, 1998).

Na realidade, acabam traduzindo em imagens ou decepção daqueles que, convictos do estruturalismo nos anos sessenta, receberam nos anos setenta a influência sedutora da razão anti-institucional. Abandonaram tudo e decidiram virar o pensamento estrutural de cabeça para baixo, com o qual cometem uma leveza inversa à de antigamente: se então acreditavam que só existia a estrutura, agora asseguram que nada merece ser estruturado. (PIÑÓN, 1998, p. 14)<sup>4</sup>.

Rheingantz, em 2003, levanta a questão da disciplina de projeto fundamentada no movimento acadêmico modernista, cujas práticas ainda são baseadas nos modelos intuitivos, a chamada “caixa preta”, e no determinismo expressivo e racional, a “caixa de vidro” (RHEINGANTZ, 2003). Desse ponto de vista, as análises das arcaicas abordagens tradicionais do ensino de projeto revelam um considerável número de problemas limitantes e restrições. Elas indicam que o entendimento do *design* tem sido expandido de uma visão simplista do projeto como uma experiência intuitiva para uma visão complexa e multifacetada, com um processo de investigação, raciocínio e teste. Porém, a abordagem tradicional de ensino continua usando técnicas que são completamente indiferentes e distorcidas da realidade da prática do *design* de hoje (SALAMA, 2015). Essa racionalidade técnica que permeia as universidades, com um currículo normativo adotado no início do século XX, momento em que as profissões especializadas tentavam ganhar prestígio, ainda reflete a ideia de que a competência prática se torna profissional quando as ferramentas da solução de um problema são conciliadas com o conhecimento sistemático e científico (SCHÖN, 2000).

Esse sistema ainda continua estruturando as escolas de Arquitetura, ainda que tenham sido incorporados a orientação permanente ao aluno no

---

<sup>4</sup> Tradução livre a partir do espanhol.

desenvolvimento de seus projetos – uma contribuição anglo-saxônica – e uma maior carga de matérias técnicas que o informam e exercitam teoricamente no emprego de estruturas e instalações (...) Nenhuma dessas influências que rodeiam o tronco central do currículo, constituído por uma sucessão de projetos, consegue transformar esse desenvolvimento autônomo que confirma sua origem naquele processo idealizado há mais de dois séculos (MARTINEZ, 2000, p. 27).

Como colocado anteriormente, a arquitetura se tornou uma especialidade independente do canteiro de obras, a partir do momento em que a profissão se afastou de mestres, construtores e engenheiros, tendo suas próprias convenções, linguagens, formação profissional e instituições. As consequências dessa separação estão relacionadas às práticas que a arquitetura seguia e que eram diferentes da construção, sendo os desenhos, muitas vezes, fora da realidade do que poderia ser construído. Isso levou os arquitetos a utilizarem regras para o processo de projeto, as quais deveriam reduzir a probabilidade de erros, o que durou até a década de 1960, e foi denominado **movimento dos métodos** (ANDRADE; RUSCHEL; MOREIRA, 2011).

Em seu livro, “*Spatial Design Education: New directions for pedagogy in Architecture and Beyond*”, Salama (2015) seleciona 10 modelos<sup>5</sup> de projeto que surgiram nos Estados Unidos, Reino Unido, Canadá e Israel entre os anos de 1960 e final dos anos 90.

Tais modelos emergiram em resposta às necessidades de melhoria do processo sistemático de projeto promovido por um movimento de metodologia de projeto nos anos sessenta e setenta. A abordagem ‘análise-síntese’ dividia o processo de projeto em duas fases distintas: a bem definida fase de análise e uma fase de síntese bastante desestruturada. (SALAMA, 2015, p. 119)<sup>6</sup>.

Dentre estes, três (o 6- **modelo de teste do conceito**, o 7- **modelo assimétrico de dupla camada** e o 10- **modelo interacional**) foram baseados nas ideias de Jean-Piaget e consideram que durante o processo de aprendizado de conhecimento para o desenvolvimento de novas habilidades, a mente trabalha com uma coleção de esquemas mentais. O **modelo do problema de caso (experimental)** (1) tem o foco de preparar os estudantes para a vida profissional: projetos mais realistas são discutidos e conjuntos de problemas são dados aos estudantes com

---

<sup>5</sup> O termo “modelo” é usado por Salama (2015) para representar um conjunto de regras para a escolha dos procedimentos, que legitimam a coleção de técnicas e ferramentas usadas nas atividades de projeto.

<sup>6</sup> Tradução livre a partir do inglês.

informações específicas, em que situações críticas podem ocorrer e as soluções, neste caso, são respostas a elas. O **modelo do aprendizado baseado no projeto comunitário** fundamenta-se nas teorias de Henry Sanoff, e foi um dos que se preocupavam com a formação profissional. Já o **modelo da linguagem padrão** visa investigar os mecanismos sociais e é baseado nas teorias do “*pattern language*” de Christopher Alexander, em que as relações materiais são uma fonte de informação sobre a relação forma e a função do espaço. O **modelo do currículo oculto** foi pautado na igualdade de distribuição do poder entre os estudantes, o que minimiza a hierarquia entre instrutor e estudantes, foca nos aspectos colaborativos do ensino, estimulando-os a levarem em consideração seus colegas como fonte de conhecimento. O **modelo exploratório** corresponde às visões dos três primeiros citados, porque traz a combinação dos momentos de análise e síntese: nele, diferentes atividades são dadas aos estudantes, desde a geração de ideias até o teste das hipóteses. O **modelo analógico** e o **modelo de consciência energética** são similares, pois os dois se preocupam com a relação entre conhecimento e geração de ideias. O primeiro considera a analogia como sua principal fonte, ou seja, a ideia predominante dos edifícios vem de outros edifícios. Já o segundo promove a noção de que o conhecimento é fluido, que se adquire durante o processo de projeto (SALAMA, 2015).

Todos os modelos apresentados surgiram como resposta às preocupações e críticas feitas ao ensino tradicional de projeto, na tentativa de um processo mais orientado e mais inclusivo. Eles estimulam o diálogo e a troca entre os estudantes, como parte integral e integrada da aprendizagem, podendo promover o trabalho como uma atividade em grupo colaborativa. No entanto, vale ressaltar que os modelos 6, 7 e 10 (Figura 1) também enfatizam a troca de ideias entre os estudantes depois de uma formulação de esquemas individuais. Vale também atentar para os modelos 3, 4 e 5, que se pautam na ideia de que a prática deve favorecer o processo de empoderamento, uma vez que proporcionam diferentes pontos de vista enquanto maximizam o aprendizado interativo (SALAMA, 2015).

Figura 1: Comparação entre os dez modelos e como eles lidam com o processo de projeto.

<p><b>1</b> Modelo do problema de caso (experimental)</p> <p>Gerar conceitos esquemáticos; Estabelecer múltiplos critérios; Avaliar os conceitos; Revisar as intenções de projeto; Desenvolver propostas;</p>	<p><b>2</b> Modelo analógico</p> <p>Estudos dos análogos; Apresentações em slide/gráficos; Utilizar o programa de um edifício existente; Desenvolver propostas;</p>	<p><b>3</b> Modelo do aprendizado baseado no projeto comunitário</p> <p>Desenvolver e avaliar informações e recursos; Definir o problema de projeto / Conduzir o workshop; Gerar alternativas Teste das alternativas/ discussão com a comunidade; Desenvolver esquemas da</p>	<p><b>4</b> Modelo do currículo oculto</p> <p>Desenvolver e avaliar o programa; Estabelecer as dinâmicas do grupo; Gerar discussões/ Alcançar consensos; Desenvolver esquemas da proposta</p>	<p><b>5</b> Modelo da linguagem padrão</p> <p>Identificar os padrões; Discussão em grupo/ definir as intenções do projeto; Gerar alternativas; Testar os padrões de encontro as alternativas; Desenvolver propostas;</p>
<p><b>6</b> Modelo do teste do conceito</p> <p>Estabelecer os critérios do projeto; Produzir alternativas esquemáticas; Investigar as alternativas; Experimentos da forma; Desenvolver soluções de projeto;</p>	<p><b>7</b> Modelo assimétrico de dupla camada</p> <p>Reunir informações; Definir imperativos do projeto; Personalizar o programa; Desenvolver soluções de projeto;</p>	<p><b>8</b> Modelo de consciência energética</p> <p>Fornecer conhecimento genérico sobre os problema energéticos; Aplicação simples/ apresentação gráfica; Fornecer conhecimentos específicos; Desenvolver propostas de projeto;</p>	<p><b>9</b> Modelo exploratório</p> <p>Exploração do problemas; Gerar ideias verbais e formais; Testar as ideias e os conceitos; Desenvolver componentes do programa articulados;</p>	<p><b>10</b> Modelo Interacional</p> <p>Identificar problemas de projeto; Gerar conceitos; Gerar e testar novas ideias; Fase de conjecturar e analisar; Desenvolver soluções de projeto;</p>

Fonte: Elaborado e traduzido pela autora (SALAMA, 2015).

Seguindo esse contexto, diversos exercícios podem servir para explicar os vários procedimentos dentro do processo de concepção, como exemplo, o uso das escalas arquitetológicas<sup>7</sup>. Algumas delas podem ser mais determinantes que outras, e formar um conjunto estruturante que tem efeito de ordem global. Esse conjunto é o que o francês Philippe Boudon (2000) chama de “estilo”, que não tem a ver com a forma do objeto arquitetônico, mas com o resultado de um processo que advém da

<sup>7</sup> As “escalas arquitetológicas” são aquelas que intervêm na concepção. Qualquer concepção pressupõe um modelo que será submetido às alterações e operações de medida. No caso do exemplo do cubo, o arquiteto parte de uma forma geométrica regular; para lhe conferir uma medida, deve levar em conta um espaço de referência. É a relação entre medida e espaço de referência que confere pertinência ao espaço, logo, a escala confere medida e pertinência, que estão interligadas. O conceito de escala não pode ser confundido com uma restrição nem com um parâmetro. Ele é a quantidade a fixar livremente, diferente de uma restrição, no entanto, nada semelhante acontece quando falamos em escala. O parâmetro tem uma característica de necessidade, oposta à liberdade com que os arquitetos decidem a pertinência. Nem todas as escalas intervêm forçosamente na concepção (Anotações da disciplina de Métodos e Técnicas de Projecção Arquitetônica elaborados pela Professora Maísa Velloso com base em BOUDON *et al.*, 2000; BOUDON *et al.*, 2000 – tradução livre a partir do francês).

determinação de um conjunto de escalas organizadas entre si. Reunindo outros tópicos dentro de um curso de “Arquiteturologia”, que se interessa mais pela criação do que pelo projeto em si, o livro serve como um manual para o ensino da concepção arquitetônica (BOUDON *et al.*, 2000).

Alguns anos depois, o português Jorge Cruz Pinto (PINTO, 2007), no livro “Processos e metodologias de Projeto”, apresenta uma “**Metodologia Pedagógica**” que tem como primeira parte a produção de várias soluções, de forma que os estudantes não se fixem numa primeira ideia, desenvolvendo seu senso autocrítico e fazendo-os pensar que suas soluções deverão atender a várias demandas do projeto.

Os enunciados dos exercícios de projeto são intencionalmente elaborados no sentido de adestrar o aluno a desenvolver uma visão livre, inteligente e crítica sobre a realidade cotidiana em que é solicitado a intervir. **Essa visão deverá ser simultaneamente racional e poética, atendendo à dicotomia da mente humana, sob a forma de uma reconciliação entre os aspectos lógico-rationais e os aspectos poético-emocionais expressivos.** (PINTO, 2007, p. 70, grifo nosso).

Na sua proposta, o autor entende que as operações projetuais são: **transfiguração**, que é relativa à aparência (texturas, revestimentos etc.); a **transformação**, que se refere à “Forma emergente” e à geometria; a **formação**, relacionada à “Forma latente”, ou seja, o espaço e sua estrutura de suporte; e, por último, o **esvaziamento**, que tem a ver com a não projeção e a não intervenção. Nesse sentido, ele propõe quatro exercícios de projeto cujos lemas são recursos metafóricos como um caminho para a realidade, e é esse “contorno poético” que permite alcançar um imaginário de possibilidades que o pensamento lógico sozinho não consegue. Assim, os lemas são: Exercício 1 – “o espaço contemporâneo de pintura”, cujo objetivo é colocar em ênfase os aspectos formais relacionados às percepções visuais; Exercício 2 – “espaço – som – construção de ambientes”, com a criação de um ambiente pelo som, com atenção para a materialidade da forma arquitetônica; Exercício 3 – “seis propostas para o próximo milênio – leveza, rapidez, exatidão, visibilidade, multiplicidade” e a presença dos elementos simbólicos da habitação (água, fogo, ar, terra, alcova); Exercício 4 – “vazio, ação, movimento, quietude e silêncio”, um vazio fértil que permite o advento de novas ideias (PINTO, 2007).

Figura 2: Distribuição dos exercícios de projeto por Laboratório de Arquitetura.

Disciplina	Exercícios	Fases
LAB. ARQ. I	"Habitar um quadro" TRANSFIGURAÇÕES E TRANSFORMAÇÕES (análise - atributos visuais da forma)	Fase 1: Análise e interpretação do interior de uma ambiente a partir de um quadro. Fase 2: Realizar operações na aparência de um ambiente ("câmara arquitetônica" - unidade simples de um espaço).
	"Galeria enterrada" ESPAÇO EXPOSITIVO (atributos visuais e passeio arquitetônico)	Fase 3: Reconhecimento do contexto urbano. Fase 4: Concepção da galeria enterrada.
LAB. ARQ. II	"Para Arquiteturas" ESPAÇO REAL CONSTRUÍDO (atributos materiais e construtivos)	Fase 1: Conceito de "para-arquiteturas" (modelo conceitual abstrato). Fase 2: Leitura do lugar e contexto de intervenção.
	"Câmara para música de câmara" ESPAÇO AUDITIVO (atributos sonoros)	Fase 3: Adaptação do conceito abstrato ao lugar e ao programa de uma "Câmara de Música de Câmara" - concepção do projeto.
LAB. ARQ. III	"Habitação experimental" ESPAÇO DOMÉSTICO (habitação, unidade e repetição)	Fase 1: Introdução e investigação sobre a habitação. Fase 2: Leitura da paisagem natural e construída. Fase 3: Inserção de 12 habitações experimentais para repovoamento da comunidade.
LAB. ARQ. IV	"Dojo" ESPAÇO VAZIO movimento corporal e/ou meditação (atributos cinéticos e estéticos)	Fase 1: Introdução a análise urbana. Fase 2: Reflexão e elogio ao vazio - o DOJO. Fase 3: Introdução à concepção construtiva.

Fonte: Elaborado pela autora (PINTO, 2007).

Semelhante a essa proposta, vários desses novos tipos de ensino de projeto, fundamentados na análise crítica e na estruturação do processo, têm sido implementados com sucesso ao longo dos anos 2000. Um novo perfil de professores de arquitetura tem conduzido de maneira mais pragmática os modelos de ensino que variam entre o pensamento criativo/aprendizado através da experiência até a tomada de decisões de modo heurístico e empírico, ou de padrões de organização de conteúdos e pedagogias baseadas no processo até a utilização de aprendizado dialógico através de tecnologias digitais. Práticas inovadoras de ensino têm sido utilizadas ao redor do mundo, o que sugere que o processo de educar futuros arquitetos e *designers* está passando por mudanças e pode se transformar intensamente. Entre eles, existe uma similaridade que é a dominância do ateliê como não só um lugar de aquisição de conhecimento, mas de exploração criativa e interação (SALAMA, 2015).

O autor então divide essas experiências em quatro categorias: 1- pensamento criativo, aprendizado experiencial e estilos de aprendizado; 2- investigação crítica e fabricação empírica no ateliê de projeto; 3- pedagogia de projeto orientada no processo; e 4- tecnologias digitais e pedagogia de projeto virtual. Na primeira, ele

discute a questão da criatividade dentro do processo de aprendizado e um estudo entre experiências concretas e habilidades de aprendizado dentro do ateliê. Em seguida, aponta modelos de ensino recentes, por exemplo, o denominado “projeto de tomada de decisões independente”<sup>8</sup>, dos professores Pennypacker e Yahner (2006), da *Pennsylvania State University* (SALAMA, 2015, p. 174). Já na terceira parte, apresenta um modelo desenvolvido por ele mesmo, denominado de “modelo baseado no processo”<sup>9</sup>, que envolve muitas etapas incluindo uma de *brainstorming*, crítica ao problema e análise do programa, indo até o desenvolvimento da proposta. Por último, o autor aborda questões sobre o ensino pautado em tecnologias digitais e ateliês virtuais, onde constata que, apesar dos problemas de interação social, eles podem contribuir para a diversidade cultural dentro do ateliê (SALAMA, 2015).

Outra proposta didática que podemos citar nessa mesma linha são as Zonas de Relações de Ensino de Projeto (ZREP), com o intuito de defender as relações e interação com os colegas, professores, comunidade e sociedade e onde situações-tema são exploradas do ponto de vista pessoal, social e cultural, visando a realização de projetos que respondam a essas demandas. Elas consistem em três importantes tópicos: estabelecer **situações-tema** que tenham relação com a realidade dos estudantes; exploração dessas situações-tema através do **conhecimento prévio dos estudantes**, considerando exemplos analógicos da produção arquitetônica para formação de repertório; desenvolvimento da **ação autônoma**, ou seja, a busca de que o discente tenha consciência de cada passo tomado no seu processo produtivo (visão construtivista) (CARSALADE, 2003). A ideia de Carsalade (2003) se resume em “traduzir” a linguagem conceitual da instituição que se quer materializar em linguagem arquitetônica, assim, algumas considerações precisam ser feitas: os objetivos didáticos devem ser claramente definidos; a necessidade de contextualizar em todo momento a ação do estudante, de forma a situá-lo na sequência do seu aprendizado; o estabelecimento de dinâmicas de aulas que convidem à participação coletiva; criação de clima de incentivo e autoestima, onde o erro é considerado peça importante do aprendizado; e a cobrança da fundamentação dos atos projetuais dos estudantes (CARSALADE, 2003).

---

<sup>8</sup> Tradução livre a partir do inglês.

<sup>9</sup> Tradução livre a partir do inglês.

É importante lembrar a integração dos aspectos técnicos dentro do processo de projeto e apresentar o modelo de Edward Allen, de 1997. Para Rheingantz, Cunha e Krebs (RHEINGANTZ; CUNHA; KREBS, 2016), o “segundo ateliê” é eficiente no aprendizado sobre os conteúdos de construção de edifícios, uma vez que palestras técnicas são oferecidas a partir do momento em que os estudantes necessitam da informação. Nesse meio há uma mistura das questões espaciais e técnicas em busca da unificação dos dois temas na criação de projetos de edifícios (ALLEN, 1997 *apud* RHEINGANTZ; CUNHA; KREBS, 2016). A ideia é que no curso existam apenas ateliês, o já conhecido nas Escolas de Arquitetura seria o “primeiro”. O “segundo ateliê” tem como conteúdo o conjunto de conhecimentos comumente distribuído nas disciplinas ditas tecnológicas ou de “apoio”: estruturas, materiais, técnicas de construção e conforto ambiental. Os autores acreditam que, assim, haverá um maior reconhecimento das peculiaridades do processo de concepção do projeto.

Diferentemente do processo de ensino tradicional das disciplinas tecnológicas – que enfatizam o dimensionamento exato de componentes dos diferentes sistemas – o segundo ateliê enfatiza os processos de escolha e de configuração dos sistemas técnicos – como componentes integrais do emergente projeto – consideradas as etapas mais importantes da atividade do projeto técnico. Os dimensionamentos tornam-se menos importantes na atividade do projeto técnico e precisam ser ensinados apenas na medida em que o problema de projeto o justifique. (RHEINGANTZ; CUNHA; KREBS, 2016, p. 21).

Segundo Edward Allen (1997), as questões que reforçam o segundo ateliê são:

- 1- os professores de tecnologia dentro do curso de Arquitetura devem ter mais experiência na concepção e na construção de edifícios do que nas questões científicas;
- 2- o ateliê é o melhor local para o aprendizado, do sistema estrutural, dos esquemas de iluminação natural ou artificial, o conforto térmico, da distribuição de água ou de sua captação, dos sistemas hidrossanitários, dos sistemas acústicos, ou mesmo dos detalhes da fachada;
- 3- é importante mostrar aos estudantes interesse e preocupação pelos tópicos técnicos, formais e espaciais, para que entendam que estes são interligados e, se projetados em conjunto, produzem bons edifícios;
- 4- as disciplinas tecnológicas auxiliam na concepção e na construção de prédios melhores, nesse caso, os estudantes devem se envolver com múltiplos problemas que não podem ser solucionados isoladamente;
- 5- a proposta de desenvolver um projeto como atividade principal dentro de um segundo ateliê, com um programa simples, libera os estudantes de distrações e possibilita maior atenção aos sistemas estruturais,

construtivos e prediais, sobre a eficiência termoenergética, sem que também desconsiderem completamente os aspectos estético-formais, do contexto do terreno ou dos detalhes (RHEINGANTZ; CUNHA; KREBS, 2016).

Existem também tipos de ateliês de projeto intercambiáveis que surgiram como resposta a algumas questões do ensino de projeto, por exemplo, o **Projeto Comunitário** (“*Community Design*”), o **Projeto de construção** (“*Design Build*”) e o **Ateliê de Projeto “ao vivo”** (“*Live Project Studios*”) (SALAMA, 2015).

O modelo participativo ou “**projeto comunitário**” é uma forma de garantir as necessidade e valores dos usuários em busca da superação das abordagens convencionais (modelo intuitivo e racional) (RHEINGANTZ, 2003). Do ponto de vista pedagógico, o Projeto Comunitário parte da premissa que a experiência de *design* deve ser inclusiva e acessível, por isso busca o envolvimento de pessoas, que tanto podem ser os clientes quanto os usuários dentro do processo de projeto e do processo de tomada de decisões. É uma abordagem inclusiva que pode ser bastante eficiente como processo de aprendizado de projeto e é um tipo de pedagogia que possibilita aos estudantes se envolverem com problemas e necessidades do mundo real. É uma ferramenta efetiva de ensino que pode proporcionar uma equilibrada consciência das restrições e complexidades do projeto (SALAMA, 2015).

O “**projeto de construção**” (em uma tradução simples do chamado *Design Build*) tem como uma das principais referências o livro “*The Design Build Studio*”, de Toyla Storonov (STORONOV, 2018), porque trata do tema no contexto do ateliê. Nele, a autora divide os estudos de caso em: construções rápidas, ou seja, em menos de um semestre, por exemplo, como parques infantis; construções durante um semestre ou ano letivo, caracterizadas pela edificação de uma pequena casa ou abrigo, tal como o destinado a refugiados; e, por último, a construção longa, que dura dois ou mais semestres e pode levar os estudantes a uma experiência completa do projeto de construção de uma casa ou galeria, que servirá a alguma comunidade.

Muitos ateliês de projeto de construção escolhem focar seus esforços na ajuda de pessoas e comunidades necessitadas, destacando como a arquitetura tem o potencial de promover soluções reais para os problemas da sociedade. Como resultado, estudantes tem a oportunidade de interagir com clientes em pessoa com necessidades definidas, encorajando a responsabilidade não encontrada em um ambiente de estúdio tradicional. A combinação entre cliente e realidades do orçamento no ateliê de projeto de construção dá ao aluno a oportunidade de entender o poder que a arquitetura

pode ter em nosso mundo. Estudantes são retirados da sala de aula, o que encoraja o desenvolvimento de habilidades interpessoais e inspira confiança em seus projetos; eles têm as ferramentas que podem fazer diferenças físicas na vida das pessoas. (STORONOV, 2018, p. 2)<sup>10</sup>.

Semelhante aos dois anteriores, o **Projeto “ao vivo”** (“*Live Project*”) é uma tentativa de responder a desafios em tempo real e problemas da comunidade, oferecendo oportunidades valiosas aos estudantes de experimentar características-chave da prática na arquitetura. Harriet Harris, em 2012, observou que a ficção no ensino de projeto produz cenários que não equipam o estruturante ao pensamento criativo com contextos mais práticos e executáveis. Segundo ela, é uma ponte entre o mundo acadêmico e o mundo da indústria, misturando os conhecimentos com aplicações reais. Ela também chama atenção para os benefícios pedagógicos desse tipo de ateliê, que cria ligações da teoria com o contexto, e com a situação de *design* particular que remete à criatividade, como uma conversa entre o material e as condições existentes (HARRIS, 2012 *apud* SALAMA, 2015). Um compilado de artigos nessa área resultou na publicação do livro “*Architecture Live Projects: pedagogy into practice*”, de Harriet Harris e Lynnette Widder, em 2014. Nele, são abordados teorias, métodos, manifestos, avaliações, estudos de casos e pensamentos de alguns autores para uma pedagogia mais bem direcionada no sentido da formação profissional atual.

O sucesso de alguns métodos apontados anteriormente está na segurança do professor em relação a **experiências interdisciplinares** como prioridade no ambiente de ensino, a fim de implementar a análise crítica e uma **pedagogia baseada no processo**; as escolas de Arquitetura precisam recrutar, treinar e manter professores que estejam comprometidos com uma apropriada incorporação dos conteúdos dentro do exercício de projeto (SALAMA, 2015).

Neste mesmo momento, a sociedade da informação demanda níveis cada vez mais altos de educação formal, o que se reflete na ampliação dos cursos de mestrado e, mais recentemente, de doutorado em arquitetura. Mas, cabe sempre perguntar: em que sentido o crescimento da pós-graduação pode apontar saídas efetivas para a crise da disciplina? (LARA, 2003, p. 58).

Levando em consideração algumas abordagens apresentadas, é importante ressaltar que as experiências mais inovadoras propõem a atuação participativa do usuário e em um contexto no qual a percepção e a apreensão são baseadas na experiência, de modo a aproximar da realidade e considerar a natureza complexa do

---

<sup>10</sup> Tradução livre a partir do inglês.

projeto arquitetônico. Esses exemplos mostram que o processo projetual deve ser mais valorizado do que o produto final (PANET, 2015).

Novamente, alguns programas e escolas não conseguiram acompanhar o ritmo das mudanças e mantêm a noção arcaica e romântica do seu papel do ponto de vista ético, não sabendo como ser ativos ou proativos em se tratando dos aspectos sociais e políticos da profissão. Apesar de todas as mudanças, certas abordagens no estúdio parecem estar obsoletas, porque parecem simplistas e não levam em conta as questões socioeconômicas e tecnológicas mais atuais. Dependendo do ateliê, códigos da construção, condições climáticas, contextos socioeconômicos são usualmente negligenciados ou omitidos, porque os instrutores têm em mente o pensamento: “Afinal, estamos aqui na escola, onde vocês, estudantes, têm sua última chance de serem criativos”<sup>11</sup> (SALAMA, 2015, p. 73).

Para avançar no sentido da transformação de caráter dinâmico, a arquitetura precisa compreender sua posição, seu papel e os caminhos para o aprimoramento em relação às complexidades do mundo contemporâneo, o que pode ser difícil frente ao número crescente de escolas de Arquitetura, dos diferentes perfis de pensamento e do tamanho do país. Para tanto, é necessário idealizar atividades que possam contribuir com a aquisição de habilidades que colaborem com a concepção projetual, o que não quer dizer que ela deva ter um projeto como produto, mas que enfatize a intuição, a percepção, a lógica, o juízo, o raciocínio, as modalidades de linguagem e expressões, a classificação, a síntese, entre várias outras. Para Panet, na elaboração dessas atividades serão necessários: clareza metodológica, objetivos adequados com as habilidades a serem desenvolvidas e conhecimento da maturidade em que se encontram os estudantes, de modo que sejam posicionadas no tempo apropriado para a elaboração e avaliação dos objetivos propostos (PANET, 2015).

Sendo assim, aqui foi importante a compreensão das diferentes abordagens de ensino de projeto para entendermos - como muitas escolas ainda se respaldam no exemplar modernista - a existência de várias tentativas em busca da melhoria do ensino de projeto, e como “pensar fora da caixa” pode ser uma alternativa dentro do ateliê. Nesse breve histórico e sistematização das estratégias de ensino de projeto, constam características importantes para o aprofundamento deste trabalho, porque

---

<sup>11</sup> Tradução livre a partir do inglês.

tratam sobre como o ensino de projeto de Arquitetura tem se transformado nos últimos anos e quais são as principais críticas no âmbito pedagógico do ateliê. Ainda como as Escolas têm enfrentado o desafio que é ensinar projeto e quais os métodos para aprimorar cada vez mais esse campo frente a todas as questões atuais. Logo, o próximo item possui como intuito identificar quais as maiores mudanças nesse contexto e como podem repercutir no campo do aprendizado de projeto.

### 1.3 Novos desafios do ensino de Arquitetura

Muitas mudanças aconteceram no campo da arquitetura nos últimos 20 anos, em especial no tocante às ferramentas digitais, com consequências no processo de projeto e, por conseguinte, dentro da formação de profissionais da área. No século XX, a tecnologia se desenvolveu rapidamente e projetar sempre esteve interligado às realizações intelectuais contemporâneas, fosse na arte, na ciência e na filosofia. Nesse período, houve uma mudança na atividade de projetar mais fundamental e profunda do que em períodos anteriores: o modernismo. Ele era visto como um ponto final na história do projeto e influenciou tão intensamente as ideias da época, que até hoje é difícil se desvencilhar dele. “Só agora começamos a ver que é possível avançar além do modernismo”. Logo, essa ideia de ponto final foi inteiramente rejeitada (LAWSON, 2011, p. 19).

De modo geral, há uma polarização a respeito das novas tecnologias: de um lado, pessoas que se entusiasmam com as novas possibilidades que elas trazem, os chamados “tecnoentusiastas” (“*techno-enthusiasts*”); do outro, pessoas que se preocupam com o seu impacto negativo, os “tecnocéticos” (“*techno-skeptics*”). Sobre o processo de aprendizagem, existe um problema onde frequentemente se adiciona uma fina camada de tecnologia às atividades e materiais educacionais de um currículo antiquado ou a um tipo obsoleto de pedagogia (RESNICK, 2017). Na Arquitetura ainda há muitos cursos com um ensino de informática limitado, os quais procuram atender apenas as expectativas do mercado por profissionais qualificados, sem atender raciocínio crítico interdisciplinar e que transcenda a representação gráfica (BERTHO *et al.*, 2011).

As mudanças contemporâneas da educação, em uma **nova era digital**, tem resultado em aumento da demanda por uma aquisição contextualizada e interativa e

por uma assimilação de múltiplos tipos de conhecimentos. Isso pode ser mais bem articulado através de uma reforma e divisão do ensino-aprendizagem de **estratégias transdisciplinares**, incorporando novas metodologias que expõe e engajam os estudantes em várias experiências de aprendizado. Discutir e promover uma pedagogia responsiva e responsável exige uma discussão crítica de um número de questões relevantes de uma **pedagogia potencialmente transformativa e crítica**, uma proposta “transcrítica” (“trans-critical”), incluindo a investigação do consumo *versus* o conhecimento produzido (SALAMA, 2015).

Dentro do ensino de projeto, dependendo do ateliê e de seus professores, o estudante vê o projeto às vezes como resultado (objeto), às vezes como representação de um resultado (desenho), mas quase nunca como um processo de pensamento (desígnio), o que os leva à dificuldade de entender por que o seu projeto é uma pálida simulação de um projeto profissional ou, no sentido mais acadêmico, uma forma de atividade artística. Nesse sentido, há uma desvalorização do projeto realizado pelo estudante, mais intensamente no contexto contemporâneo, **porque a informática tem deslocado o problema do projeto para a modelização**, sem resolver as questões iniciais do ensino (CHUPIN, 2003).

Há, hoje, a busca por uma nova agenda pedagógica em Arquitetura, porque muitos pesquisadores começaram a perceber a necessidade de integração do *design digital* no ensino dentro do ateliê. Isto é, uma nova redefinição cultural e intelectual das teorias para aprendizado de arquitetura e do projeto, cristalizado com o modelo pedagógico da Bauhaus no Modernismo. Porém, existe um obstáculo para essas mudanças, a existência de um paradigma do processo de projeto através do diálogo com o papel, por meio do desenho e da imagem visual, aquele comentado por Donald Schön e por diversas pesquisas do modo de pensar e projetar dos arquitetos, como as conduzidas por Bryan Lawson (OXMAN, 2008).

Segundo Martinez (2000), a computação gráfica acelerou o processo de tentativa e erro na invenção arquitetônica. A máquina assimila todas as transformações, apresenta as consequências em seus Cortes e Fachadas e as exhibe ao projetista, um processo que aumenta o poder desse último, apesar de fazê-lo seguir suas regras (MARTINEZ, 2000). Para Antoine Picon (PICON, 2013), nessa esfera, houve uma transformação da noção de materialidade que foi possível com a

hibridização do espaço físico com o digital, advinda da realidade aumentada. Ele explica que o computador não abole a distância entre a representação e a construção, mas cria a possibilidade de um processo documentado e contínuo, onde o desenho arquitetônico está muito próximo das especificidades técnicas, mudando a posição do arquiteto que, muitas vezes, lhes era indiferente (PICON, 2013).

Os avanços dos softwares e hardwares permitiram aos arquitetos a exploração formal livre e a visualização das criações em ambientes virtuais tridimensionais, mas a confiança excessiva nesse tipo de representação deve ser revista, de modo a penetrar no potencial dessa tecnologia como uma ferramenta prática crítica. (PUPO; CELANI, 2011, p. 488).

Oxman (OXMAN, 2008) explica que pisamos hoje em um novo terreno do pensamento de projeto (“*digital design thinking*”) e, portanto, precisamos formular uma **didática do design digital**, que hoje abarca disciplinas ricas em ideias e novas metodologias, as quais aprimoram capacidades generativas e performativas, antes impossíveis para os métodos amparados pelo papel. Logo, é necessário distinguir a tecnologia do *Computer Aided Design* (CAD) com a **Digital Architecture Design** (DAD), porque a primeira imita a prancheta e a segunda realiza a construção virtual do objeto. Com isso, há também um novo interesse pelos aspectos tectônicos, topológicos e de expressão do material, além disso, coloca um novo conjunto de conceitos e modelos de concepção: a **geração**, a **animação**, o projeto pautado na **performance** e a **materialização**. Para a autora, esses quatro processos se mostraram positivos e aplicáveis em atividades dentro do ensino de projeto (OXMAN, 2008).

Isso tem acontecido para criar fundações teóricas de novos processos de projeto, que, por sua vez, estão transformando nossos modelos tradicionais aceitos e a lógica do projeto. Junto com o acompanhamento tecnológico e os desenvolvimentos de mídia, as fundações da educação em arquitetura parecem estar precisando de uma reforma para o bottom-up. (OXMAN, 2008, p. 117) <sup>12</sup>.

A **modelagem paramétrica** é uma técnica de vincular parâmetros a um objeto e não à sua forma, o que permite novas configurações quando se alteram tais valores (OXMAN, 2008). É a representação de um artefato construído, que possui entidades geométricas e que tem características fixas e variáveis. O modelo geométrico então

---

<sup>12</sup> Tradução livre a partir do inglês.

se torna o modelo paramétrico através do CAD “inteligente” (ANDRADE; RUSCHEL, 2011).

O **BIM** (*Building Information Modeling*) tem como significado “o gerenciamento de informações de um edifício por meio de um modelo digital, visando a **colaboração**, **coordenação**, integração, simulação e otimização do projeto” (ANDRADE; RUSCHEL, 2011, p. 422), ou seja, é um modelo virtual, holístico e acessível, pois também considera a **interoperabilidade**, que significa que os dados podem ser utilizados por diferentes aplicativos. Conforme apontado pelos autores, as mudanças fundamentais no processo de projeto para a utilização do BIM são o pensamento mais voltado para a lógica material da construção e, conseqüentemente, uma ação mais colaborativa (ANDRADE; RUSCHEL, 2011).

Com a utilização de ferramentas computacionais embebidas por objeto paramétrico, o projetista pode explorar diferentes alternativas de soluções do projeto de modo rápido e seguro. Essas diversas alternativas podem ser criadas e reconstruídas sem apagar ou criar outro desenho. Além disso, objetos com formas geométricas complexas, que outrora eram de difícil manipulação, tornam-se fácil e rapidamente manipuláveis (ANDRADE; RUSCHEL, 2011, p. 426).

Tradicionalmente, a arquitetura tem uma sequência: forma-estrutura-material. A expansão do trabalho colaborativo desenvolvido nas últimas décadas, especialmente, entre arquitetos e engenheiros estruturais, e que produziu muitos edifícios icônicos ao redor do mundo, tem mudado essa ordem. Se nesses projetos a geometria dos elementos construtivos influenciou na forma geral da solução, com a mudança no curso do processo para **material-estrutura-forma**. Foi essa mudança cultural que aconteceu com o empoderamento tecnológico dos métodos de projetar chamados por Oxman de “**Novo estruturalismo**”. Nesse contexto, a “tectônica digital”, que é a representação da geometria somada à estrutura e ao programa computacional que a modula, foi possível através dos *softwares* paramétricos como o *Bentley Systems’ Generative Components* ou *McNeel’s Grasshopper*, um *plugin* de programação para o *Rhinoceros*, que permite o processo generativo e interativo que reproduzem essa **evolução topológica** (OXMAN; OXMAN, 2010).

A reconstituição da arquitetura como material prático requer uma fundação teórica suficientemente compreensiva para integrar teorias emergentes, métodos e tecnologias no projeto, na prática e na educação. O novo estruturalismo é a primeira tentativa de definir esse paradigma emergente, visto através do prisma de engajamento da lógica estrutural do projeto de

engenharia com as tecnologias emergentes (OXMAN; OXMAN, 2010, p. 23)<sup>13</sup>.

O projeto através dos **algoritmos generativos** tem ganhado espaço no campo da arquitetura e se mostra um obstáculo a ser vencido pelo projetista por conta de duas questões: primeiro, porque implica na descrição de um processo preciso e não de um produto; e segundo, porque o sistema paramétrico torna tais algoritmos mais próximos de um modelo de projeto com expressões que resultam em restrições e atualizações próprias (WOODBURRY, 2010 *apud* ROMCY, 2017).

Nesse caso, o ateliê deve se afastar do modelo tradicional de simulação da prática profissional, com foco no produto, e buscar o incentivo à prática experimental, com foco no processo. A capacidade de descrever processos, e não produtos únicos, desafio característico do pensamento algorítmico como uma das habilidades necessárias para a modelagem paramétrica, acaba se tornando uma contribuição importante e coerente com as bases propostas por esse novo cenário. (ROMCY, 2017, p. 91)

Nesse sentido, é importante apontar que algumas pesquisas tratam do ensino de projeto integrado às questões do **design paramétrico**, como a tese de Neliza Romcy, em que há exemplos de aproximação do processo de concepção com o de execução e diminuição do estigma comum da modelagem paramétrica no meio acadêmico. Ela destaca que o pensamento algorítmico é o maior desafio no meio, pois requer o conhecimento de linguagens computacionais pouco familiares para os arquitetos (ROMCY, 2017).

O mais profundo progresso desde o fim dos anos 1980 até os dias atuais. Pesquisas acadêmicas e práticas avant-garde – tentando escapar das limitações de edições simples de softwares – exploraram novas formas de manipular o software “de dentro”, com o objetivo de encontrar soluções e formas inexploradas por meio da programação. Muitos designers logo entenderam que programas mais sofisticados podem gerenciar a complexidade além das capacidades humanas estruturando rotinas e procedimentos. Este tipo de modelagem recai nas linguagens de programação que expressam instruções de forma que consegue executar pelo computador através de procedimentos passo-a-passo: o algoritmo. (TEDESCHI, 2014, p. 22)<sup>14</sup>.

Os processos de **prototipagem rápida e fabricação digital**, por sua vez, se referem a métodos de passagem automatizada do modelo digital para o físico, resultando em uma maquete, protótipo ou elementos construtivos, os quais tem como principal finalidade seu uso como modelo de estudo do projeto (OLIVEIRA; FABRICIO,

---

<sup>13</sup> Tradução livre a partir do inglês.

<sup>14</sup> Tradução livre a partir do inglês.

2011). A prototipagem rápida abrange uma vasta quantidade de materiais, equipamentos e métodos de produção, por exemplo, impressoras 3D, cortadoras a laser e fresadoras de controle numérico (CNC)(PUPO; CELANI, 2011).

Não é possível alcançar bons resultados na formação de arquitetos somente com a utilização de softwares de modelagem e equipamentos de prototipagem sofisticado. O desenvolvimento cuidadoso das etapas de projeto e um cronograma para o desenvolvimento de ciclos são necessários para que produtos finais interessantes sejam obtidos (STELLINGWERFF, 2005 *apud* PUPO; CELANI, 2011, p. 479).

De acordo com Rheingantz (RHEINGANTZ, 2016), o processo analógico do projeto não é contraditório ao digital, eles são complementares, ambos são cognitivos e culturais, assim, não se troca um processo por outro. O computador nada mais é que uma extensão da mente, pois, ainda que a manipulação digital traga infinitas opções da forma, é preciso tomar decisões (PICON, 2013). Assim, diante dessa nova perspectiva no ensino de projeto, vemos um horizonte cada vez mais integrado e colaborativo, no qual há uma contribuição intensa da tecnologia.

Desse ponto de vista, a aproximação entre a pesquisa e os programas de arquitetura pode eventualmente ajudar a revigorar a inserção de conhecimentos e assumir o seu valor dentro do ateliê de projeto. Os futuros arquitetos devem estar cientes de muitos aspectos importantes: 1- como as pessoas interagem no mundo físico; 2- como o ambiente natural é algo a ser respeitado e não conquistado ou controlado; 3- como engajar as práticas de projeto que reflitam a tecnologia do seu tempo. Balancear e harmonizar os problemas efetivamente nos currículos e os conteúdos dos cursos, além de integrá-los no processo de projeto é de extrema importância na ajuda da revitalização do ensino de Arquitetura (SALAMA, 2015).

Portanto, frente à complexidade identificada e à necessidade de transpor a barreira do ensino tradicional de projeto, se libertando de hábitos de simulação da prática profissional, é preciso levar em conta uma análise crítica do aprendizado pautado no processo, abrindo espaço para abordagens alternativas dentro do ateliê, as quais têm demonstrado respostas positivas sobre as questões apresentadas anteriormente. E, além de tudo isso, assimilar conhecimentos, técnicas e procedimentos contemporâneos citados até aqui podem somar outras novas provocações dentro do ensino de projeto de Arquitetura.

Se entendermos, ao menos, algumas das questões envolvidas no ensino dentro do ateliê de projeto, perceberemos as dificuldades de inserção da concepção estrutural neste meio que é o foco desta pesquisa. Sendo assim, é importante compreender também as questões relativas ao ensino de estruturas e como é essencial para o enfrentamento desta problemática no curso de AU, sendo o tema do segundo e próximo capítulo.

## 2. ENSINO DA CONCEPÇÃO ESTRUTURAL VINCULADA AO PROJETO DE ARQUITETURA

Neste capítulo, pretendemos debater a concepção estrutural dentro do ensino de Projeto de Arquitetura. Antes disso, argumentaremos como uma formação sólida e mais qualitativa em Estruturas aliada à integração entre estas disciplinas se torna essencial para que esse pensamento estrutural seja melhor desenvolvido no ateliê. Em seguida, discutiremos como esse tipo de concepção é necessário no processo de aprendizagem projetual, como debatido por alguns autores. Por último, serão apresentadas experiências focadas nesse tópico dentro das disciplinas de Projeto, conforme levantamento da literatura recente.

Neste caso, as características e experiências pedagógicas da concepção estrutural dentro do ateliê de Projeto, na sua maioria, foram encontradas em 38 artigos, dos quais 10 foram publicados em revistas de Arquitetura, Educação e Engenharia, e o restante, em congressos e eventos da área. Sobre esse tema são poucos os livros que reservam um ou dois capítulos sobre a concepção estrutural nenhum deles tratando, especificamente, da sua inserção na didática do ateliê. No entanto, existe na literatura uma lista generosa de exemplares que tratam sobre o conteúdo de Estruturas (sistemas estruturais, cálculo, tipologias construtivas) para arquitetos, e alguns deles apresentam reflexões da influência de uma sobre a outra ou sobre como conceber estruturas. Em relação às teses e dissertações, de acordo com o levantamento, apenas duas delas tratam desse tema e foram encontradas outras que citam a influência da computação neste meio.

Dentre as publicações mais atuais podemos citar as três conferências internacionais que aconteceram no ano de 2019. O “*International Conference on Structure and Architecture*” (ICSA) é um evento originado nas discussões das universidades de Portugal, onde aconteceram todas as edições anteriores (2010; 2013,2016 e 2019)<sup>15</sup>, que resultaram na publicação de quatro livros organizados pelo Professor Paulo J. S. Cruz. Dentre as sessões da conferência, a denominada “*Educating architects and structural engineers*”, trouxe contribuições importantes para

---

<sup>15</sup> O evento é associado a *Structure and Architecture International Association* e suas edições foram publicadas pela CRC Press. A edição de 2021 acontecerá na Suíça e será parcialmente online.

a tese. A segunda, “*Building Technology Educators Symposium*” (BTES), que acontece desde 2006 a cada três anos, e teve sua última edição em 2019. Muitos artigos foram selecionados desse evento, porque se trata de um com o foco no ensino e na tecnologia. Por último, o simpósio internacional e bienal, “*Conceptual Structural Design*” (CSD), que teve sua primeira conferência também em 2019. No âmbito nacional, o último Encontro Nacional sobre o Ensino de Estruturas nas Escolas de Arquitetura (ENEEEA) em 2017 trouxe alguns trabalhos cujo foco era o ensino da concepção estrutural no ateliê, o que permitiu visualizar experiências em várias instituições do Brasil.

Em relação aos livros que tratam de Estruturas para arquitetos normalmente começam com uma ideia para a concepção estrutural e terminam com explicações sobre o conteúdo de estruturas de maneira simplificada, os quais no contexto internacional se tornam incontáveis. Um dos principais da área é o “*The Architect Studio Companion*” de Edward Allen, no qual são apresentados critérios de seleção dos sistemas estruturais e, por isso, muitos professores o utilizam como um manual para várias questões técnicas. Já sobre questões de Arquitetura e Estrutura, não devemos deixar de lado o título: “Como os edifícios ficam em pé”, de Mário Salvadori (1980) e sua contribuição para o entendimento da estrutura. No âmbito nacional, são muitos os títulos que seguem essa mesma linha, e podemos citar o mais conhecido, “A concepção estrutural na arquitetura” de Yopanan Rebello (2000), e outro, pouco mais recente, o “Projeto estrutural na Arquitetura” de Glória Diez (2010). Em contrapartida, outros tentam abordar Estruturas de uma maneira apenas visual e analítica, como é o caso de “Estruturas uma abordagem arquitetônica” de Daiçon Silva e André Souto (2015). Com relação especificamente ao ensino, dois que mais chamam a atenção para uma abordagem mais qualitativa e integrada, com propostas de exercícios para cada tema, são: “*Form and forces: designing efficient, expressive structures*” de Edward Allen e Waclaw Zalewski (2010), e, o mais recente, o denominado “*Structures by design*” de Robb Whitehead (2020). E, mais especificamente sobre a concepção estrutural e não os conteúdos técnicos, o livro de Olga Larsen (2003) intitulado “*Conceptual Structural Design*”.

Em se tratando das teses e dissertações sobre o ensino da concepção estrutural dentro do currículo de Arquitetura, é importante citar a dissertação de Ghazaleh Mokhaberi (2010), na *Eastern Mediterranean University*, a tese de Marina

Borges (2019), na Universidade Federal de Minas Gerais e, por último, a tese de Caitlin Mueller (2014) no *Massachusetts Institute of Technology*.

## 2.1 Ensino de Estruturas como base para o Projeto de Arquitetura

Se considerarmos os componentes periféricos como base para o eixo do ensino de projeto, devemos entender também como as disciplinas de Sistemas Estruturais e aquelas relacionadas à concepção estrutural estão sendo ministradas. Conforme citado no Capítulo 1, a falta de integração dos conteúdos é um problema persistente, especialmente em se tratando dos aspectos técnicos e tecnológicos, por isso a busca por um ensino de Estruturas mais adequado à formação em AU. Nessa parte do trabalho, o intuito não é questionar os conteúdos de tais disciplinas, porém apresentar a discussão levantada por diversos autores e estratégias para uma abordagem didática mais qualitativa, que contribuam para uma melhor integração com o Projeto de Arquitetura.

Em primeiro lugar, o problema da **divisão entre arte e técnica**, que repercute em muitos aspectos da formação do arquiteto atualmente (BECKER, 2013; MARTINEZ, 2000). Estudantes da Beaux-Art eram ensinados a ignorar a estrutura e, depois de alguns incentivos para uma mudança de pensamento que se iniciou com Walter Gropius, a educação apoiada pelo Movimento Moderno implantou a matemática nos cursos de Estruturas, mas também trouxe um duradouro discurso pedagógico. Isso resultou em estudantes que se dispunham ao entendimento dos princípios básicos de estruturas, mas que não sabiam aplicá-los (BOAKE, 2013; HEDGES, 2014). Yopanan Rebello afirma que raramente é feita a ligação entre os materiais e sua aplicação, tanto nos sistemas estruturais quanto na *forma-função* do edifício (REBELLO, 2000).

A especialização no campo da Engenharia e da Arquitetura gerou algumas desvantagens, porque durante algum tempo esses dois tipos de profissionais se equivocaram ao pensar que suas responsabilidades se excluía mutuamente. Essa visão separatista teve efeitos nos modos como os profissionais treinavam seus estudantes na arte da construção. Ainda hoje, a palavra *design* no meio da Engenharia se destina mais a uma distribuição e ao dimensionamento, enquanto que na Arquitetura existe uma tendência aos assuntos gráficos e estéticos (ÜNAY; ÖZMEN,

2006). Alguns autores identificam que tais modelos de ensino não preparam os estudantes adequadamente; se de um lado há um apelo pelo modo verificativo e tecnológico que evidencia uma parcialidade para a especialidade e visão sistêmica do projeto, do outro existe uma valorização pelos aspectos conceptivos e estéticos, o que dificulta uma formação técnica (MENEZES *et al.*, 2017).

No âmbito nacional, não poderia ser diferente, porque se observa nas Escolas de Arquitetura um déficit na formação de arquitetos no campo das estruturas, em face à divisão histórica entre dois modelos de formação: a Escola de Belas Artes e a Escola Politécnica (SARAMAGO, 2011). Essa polarização persiste, porque ainda permanecem conflitos didáticos, que causam consequências evidentes no aprendizado da concepção estrutural (REBELLO; LEITE, 2015). Com base na literatura recente, percebe-se que esse problema pode ter três prováveis causas: o tipo de formação dos professores, o hábito do ensino pautado no cálculo e adaptado das Escolas de Engenharia e diferentes pontos de vista e linguagens dentro do curso.

Segundo Rebello e Leite (2015) não é só a departamentalização que causa esse distanciamento, mas também a **formação dos professores de estruturas exageradamente técnica**, que provoca nos estudantes de arquitetura a sensação de que o que está sendo ensinado é desprovido de sentido e uma desconexão entre as duas vertentes do conhecimento construtivo (REBELLO; LEITE, 2015). Existe uma fascinação que os números podem gerar nos docentes dessas disciplinas (SWARTZ, 2006) e muitos trabalhos ao redor do mundo comentam sobre a mesma questão da sua persistência em manter um padrão de ensino pautado no cálculo estrutural (GULLING, 2006).

Acredita-se que o ponto mais crítico do problema seja a falta de coordenação e comunicação entre as disciplinas de estruturas e as de projeto. Elas cobrem a maior parte dos tópicos teóricos sobre a mecânica das estruturas e do cálculo básico, no entanto não proporcionam o conhecimento necessário e as habilidades de fazer ou selecionar os sistemas estruturais. Isso se dá, principalmente, pela **falta de professores especializados na concepção estrutural** e sua relação com o projeto, pois muitas vezes não estão disponíveis para participar regularmente das atividades do ateliê (ÜNAY; ÖZMEN, 2006). Normalmente são bastante qualificados para o ensino dos assuntos estruturais, aprofundam a análise quantitativa de um problema,

sem, no entanto, relacioná-los aos tópicos de natureza qualitativa (GULLING, 2006). O problema é que esse tempo deveria ser despendido para o ensino de sistemas estruturais que vão muito além de simples pilares e vigas (ILKOVIČOVÁ; ILKOVIČ, 2019).

Outra consequência dessa divisão é que o ensino de estruturas no curso de AU é uma **adaptação do modelo utilizado nas Escolas de Engenharia** (CHIUNINI, 2006; HERR, 2013; VASSIGN; MIRSHAHIDI, 2015). Por isso, existe uma discussão sobre a ênfase da formação: o instrucionismo<sup>16</sup> em oposição a uma abordagem construcionista<sup>17</sup> (NÓBREGA; COSTA, 2017), defendida nas teses de Ballarotti (2015) e Di Pietro (2000) e em artigos da área (BALLAROTTI *et al.*, 2007; DERMODY, 2019; RODRIGUES *et al.*, 2017). Há também, um debate sobre sua reformulação pedagógica, cujo propósito é a interdisciplinaridade e a inserção de conteúdos transversais no curso (NÓBREGA; COSTA, 2017).

Outra deficiência que se pode apontar é a forma **de inserção das disciplinas de estrutura na grade curricular**. Na maioria das escolas, a primeira a tratar do assunto – em geral, a Resistência dos Materiais – é colocada a partir do terceiro semestre do curso, quando os alunos já tiveram no mínimo um ano de informações sobre projeto de arquitetura e sem qualquer referência a respeito da sustentação estrutural (REBELLO; LEITE, 2015, p. 7).

É possível que isso se dê, porque o conteúdo de estruturas é ofertado independente, sem considerar uma pedagogia integrativa e, dentre as disciplinas, considera-se que seu principal propósito é ensinar como calcular cargas com base nos diferentes materiais, criando o abismo entre estas matérias e o restante do curso (CALLAHAN; SHADRAVAN; OBASADE, 2019). Logo, permanecem restritas a uma faixa de tópicos curriculares e métodos analíticos das estruturas (WHITEHEAD, 2015), o que leva a um tipo de ensino linear, que vai da matemática à análise estrutural básica (BRITO; PÓVOAS, 2019a; HEDGES, 2014). Caracterizando um tipo de ensino passivo, que envolve o mínimo envolvimento dos estudantes, baseia-se no cálculo de exemplos fictícios, tornando-se pouco atrativo sob uma perspectiva pedagógica, já que os conceitos são rapidamente esquecidos ao final da disciplina (RUIZ-JARAMILLO; VARGAS-YÁÑEZ, 2018).

---

<sup>16</sup> O “instrucionismo”, neste caso, trata da abordagem didática com aulas tipo palestra, onde o estudante é passivo no aprendizado (NÓBREGA; COSTA, 2017).

<sup>17</sup> O “construcionismo” se pauta na teoria do aprender fazendo, tendo como referência o ato de construir, a exemplo dos Canteiros Experimentais (NÓBREGA; COSTA, 2017).

Esse tipo de ensino adaptado e quantitativo também traz **uma linguagem diferente**, porque o intuito do curso não é exatamente sobre estática e mecânica, mas sobre o *design* estrutural (CHIUINI, 2006; SIMONEN, 2014). Esse **vocabulário mais abstrato** causado pela estática gráfica, ou seja, a matemática e suas representações físicas, prejudica os estudantes no sentido de não favorecer uma ligação mais direta com o processo de projeto (BRITO; PÓVOAS, 2019b). A maior parte das inovações e iniciativas educacionais nesta área previa apenas a revisão das matérias teóricas e práticas disponíveis aos estudantes (RUIZ-JARAMILLO; VARGAS-YÁÑEZ, 2018).

As avaliações utilizadas pelas disciplinas de estruturas adotam formulações positivistas em que o estudante mecanicamente é treinado a resolver problemas prontos, previamente formatados. O estudante, neste caos, não participa da elaboração do problema, o que faz com que a teoria das estruturas permaneça bastante abstrata para eles (BALLAROTTI *et al.*, 2007, p. 2).

Sabe-se que os estudantes têm uma deficiência na formação em estruturas logo no início de sua formação (CALLAHAN; SHADRAVAN; OBASADE, 2019) e, conseqüentemente, as disciplinas de estruturas são vistas como um desafio de ensino pela faculdade e como um requisito de graduação muito difícil pelos estudantes (VASSIGN; MIRSHAHIDI, 2015), normalmente, tendo essa reputação de complexidade e de restrição da criatividade de projeto (SGAMBI *et al.*, 2019). As conseqüências dessa problemática também são o **medo dos discentes frente à complexidade dos assuntos**, advindo do receio da matemática e da física (CHIUINI, 2006). Eles precisam entender que, mesmo tendo certa dificuldade com os cálculos, continuarão sendo capazes de projetar usando os princípios fundamentais das Estruturas, projetos tectônicos, logicamente organizados e estruturalmente coordenados (GULLING, 2006; MACNAMARA, 2012).

Existe um distanciamento das disciplinas periféricas e de projeto, porque muitas vezes os professores comentam sobre **não conseguirem um nível de motivação e interesse em suas aulas**. Afirmam que os discentes consideram as aulas como módulos independentes da sua formação em projeto. Essas constatações também indicam que existe um problema em integrar o ensino de projeto com o campo das estruturas e sua concepção (ÜNAY; ÖZMEN, 2006). Uma aula do tipo palestra cria fundamentalmente um ambiente de ensino diferente do ateliê, com ideias discutidas

em números e cálculos, favorecendo a busca por respostas corretas, o oposto do ensino de projeto (SWARTZ, 2006).

É fato também que, de pouco ou nada resolvem uma exemplar didática e recursos tecnológicos sofisticados, se o aluno estiver indiferente às informações que lhes são transmitidas, isto é, se apenas usufruir dessas como mero espectador, sem uma efetiva participação do processo de aprendizagem, tendo em vista, apenas, a retenção temporária dos conhecimentos elaborados para atender às exigências imediatas de obtenção de créditos para a aprovação no curso (REBELLO; LEITE, 2015, p. 7).

Entender como os estudantes aprendem talvez seja mais importante do que debater se a matemática deve ou não prevalecer neste tipo de ensino (HEDGES, 2014).

Uma necessidade de desenvolver um novo modo de pensar sobre esse problema atual e explorar a pedagogia de estruturas que seja consistente com o quadro mental dos estudantes de arquitetura (HEDGES, 2014, p. 2)<sup>18</sup>.

Em um estudo apresentado por Lawson (2011), com um grupo de cientistas e um de arquitetos com o mesmo problema de projeto, observou-se que o comportamento deles foi compatível com o estilo educacional dos seus respectivos cursos. Enquanto os cientistas se preocuparam em entender todas as regras, os arquitetos almejavam a obtenção do resultado. Embora seu desempenho não tenha sido o melhor, os estudantes de projeto mostraram habilidade em formar soluções tridimensionais e pareceram estar mais interessados em brincar com os blocos. Nessa pesquisa, percebeu-se que os mapeamentos podem estar equivocados quando colocam uma divisão entre duas etapas do processo, porque os estudantes do final do curso usaram constantemente a estratégia de análise por meio da síntese, que aprenderam mais sobre o problema com as tentativas de criar soluções e não com o estudo deliberado do problema (LAWSON, 2011).

Estudantes de arquitetura pensam diferente dos de engenharia (BRITO; PÓVOAS, 2019a). A razão para a educação em engenharia não ser fundamentada na crítica do projeto, mais comum nas escolas de Arquitetura, é que engenheiros normalmente são treinados para uma percepção de respostas certas e erradas, sem muito espaço para debates (ADDIS, 2001). Já os discentes de arquitetura têm um estilo de aprendizagem diferente, porque normalmente são mais visuais – aprendem

---

<sup>18</sup> Tradução livre a partir do inglês.

mais vindo do que escrevendo (LABIB, 2016; OAKLEY, 2006; SWARTZ, 2006; ÜNAY; ÖZMEN, 2006) – e cinestésicos (aprendem com a prática). Em contraste, o ensino de estruturas é quase baseado em palestras, por isso parece interessante que o **aprendizado ativo** possa contribuir com esse aspecto. Essas atividades ajudam o estudante a entender o que foi ensinado em sala de aula (OAKLEY, 2006; RUIZ-JARAMILLO; VARGAS-YÁÑEZ, 2018; SGAMBI *et al.*, 2019; SWARTZ, 2006).

Educação arquitetônica proporciona um ambiente muito diferente comparado ao de um departamento de Engenharia. Estudantes de arquitetura são muito criativos e visuais, mas não precisam ter necessariamente um alto nível de habilidades matemáticas nem uma base nas leis da física. Isso não é uma exigência nem uma necessidade. Ainda, o que eles precisam é ter um entendimento do comportamento dos princípios e conceitos estruturais (LARSEN, 2016, p. 393)<sup>19</sup>.

Em 1968<sup>20</sup>, Siegbert Zanetini e Yopanan Rebello entre outros já falavam da **importância do ensino mais qualitativo de estruturas** nas Escolas de Arquitetura do Brasil. Adolpho Polillo chegou a apresentar uma proposta dividida em 4 partes: 1- intuição, onde seriam criados modelos por tentativa e erro; 2- análise, uma etapa qualitativa; 3- integração entre Intuição e Análise, considerando ensaios científicos; 4- integração com Projeto. Pouco tempo depois, novas iniciativas didático-metodológicas surgiram com o intuito de promover o desenvolvimento do “sentimento estrutural”<sup>21</sup> nos estudantes, nas quais verificaram-se a importância do conhecimento do comportamento das estruturas e a necessidade de desenvolvimento de um raciocínio sobre elas (SARAMAGO, 2011). Neste caso, alguns autores defendem **um equilíbrio entre o ensino quantitativo e qualitativo** (BOAKE, 2013; RODRIGUES *et al.*, 2017).

Um caso mais recente, a reforma curricular de 2006 da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU/UFRJ), inseriu as disciplinas de “Modelagem dos Sistemas Estruturais” (MSE) e “Concepção Estrutural” (associada ao Ateliê Integrado), uma no primeiro e outra no quarto período do curso. Ela também excluiu as disciplinas de Matemática e Física, e a falta de seus conteúdos prejudicou o entendimento dos estudantes das fórmulas básicas do cálculo estrutural.

---

<sup>19</sup> Tradução livre a partir do inglês.

<sup>20</sup> Acontecimento do I Encontro Nacional de Ensino de Estruturas nas Escolas de Arquitetura (SARAMAGO, 2011).

<sup>21</sup> Muitos autores (LARSEN, 2003; SARAMAGO, 2011; WHITEHEAD, 2020) comentam sobre o “sentimento estrutural” ou “intuição” como forma de projetar a estrutura baseado nas experiências pessoais do projetista e no entendimento e previsão do comportamento físico dos sistemas estruturais.

O que aconteceu foi que as disciplinas de estruturas não mudaram muito ao longo dos anos, com exceção dos seus nomes e alguns ajustes de conteúdos. Segundo alguns professores, certos pontos sobre a formação podem ser melhorados: resgate da experimentação no currículo, substituição de parte das atividades de resolução dos problemas de cálculo por outras de análise de conteúdos básicos através de simulações computacionais, equilíbrio constante entre uma parte quantitativa e uma qualitativa e redução dos conteúdos de dimensionamento dos elementos estruturais. Eles afirmam que, com **o uso da experimentação**, não seria necessária uma nova reforma curricular para avançar na melhoria do ensino, pois não adianta mudar o currículo se não houver uma mudança no comportamento dos professores em sala de aula (RODRIGUES *et al.*, 2017). Nesse sentido, Maria Amélia Leite confirma que, sobre as matérias tecnológicas dentro dos currículos, o mais adequado não é aumentar sua carga-horária ou criar novos componentes, mas qualificar metodologias pedagógicas para esse assunto é mais eficiente do que agregar mais conteúdos (LEITE, 2005).

Entende-se que, com a instrução e a análise qualitativa de estruturas arquitetônicas, é possível, mais efetivamente, facilitar para que os estudantes desenvolvam uma intuição e interesse, aprimorados pelo entendimento qualitativo de como os edifícios se comportam estruturalmente e como a tecnologia dos materiais atua (SWARTZ, 2006). Quando se trata de ensinar princípios básicos de estrutura, alguns exercícios práticos podem ser implementados. Edgar Dale afirma que quando participamos de atividades de aprendizado ativo conseguimos lembrar de quase 90% do que foi ensinado. Contrariamente, estudantes muito concentrados só assimilam apenas metade do que ouvirem do professor (KHODADADI, 2015). E mais de 75% dos participantes de um estudo com atividades práticas com modelos físicos apresentaram bons resultados de aprendizagem, utilizando uma combinação de métodos visuais e táteis (DONG; LESLIE, 2009).

Vários artigos nacionais e internacionais apontam para estratégias de ensino que estejam mais de acordo com o curso de Arquitetura, ou seja, que levem em conta os pontos levantados até aqui. Começando por uma pequena parte que fala sobre a importância do **desenho** para o aprendizado em Estruturas, dois deles no sentido mais de concepção (MOSSERI, 2019; OAKLEY, 2019) e outro referente à comparação entre materiais e sistemas estruturais (ALBRIGHT, 2019). Esta prática

pode despertar os estudantes para o interesse pelas estruturas arquitetônicas, uma vez que já sabemos o verdadeiro desafio que é ensinar assuntos mais técnicos aos discentes de Arquitetura, tentando manter seu engajamento. Exemplificar detalhes estruturais de obras existentes os ajuda a se manterem focados, também por conta da sua natureza visual e porque nem todos conseguem interpretar esquemas dos fenômenos estruturais. Especialmente, pelo fato de a maior parte deles se distrair com a internet, mídias sociais, mensagens e assim por diante. O exercício, chamado de “*Daily Detail*”, trata de desenhar detalhes estruturais de prédios existentes e representar com setas as possíveis reações que acontecem neles (OAKLEY, 2019). Conjuntamente, o aprendizado através de **multimídias** (vídeos, gráficos e imagens), uma vez que os estudantes de arquitetura são aprendizes visuais, como comentado anteriormente (DERMODY, 2019; LABIB, 2016).

Do ponto de vista educacional, exercícios que lidam com o desenho de projetos existentes podem melhorar esse tipo de habilidade e contribuir para o entendimento das relações possíveis entre arquitetura e estrutura, além de outras questões (MOSSERI, 2019, p. 474)<sup>22</sup>.

Dentre os trabalhos publicados, muitos mencionam o uso de **modelos físicos** (CHIUINI, 2006; HERR *et al.*, 2012; NUNES; MORAES, 2017; REBELLO; LEITE, 2015; ÜNAY; ÖZMEN, 2006). Essa estratégia não só ajuda no entendimento conceitual, como também nos mostra exemplos de estudantes que achavam as matérias técnicas muito desafiadoras, comumente saindo-se muito bem em experiências mão-na-massa, também causando uma diminuição da sua apreensão frente ao assunto de estruturas (OAKLEY, 2006). Logo, pequenos exercícios experimentais que contam com a participação ativa dos estudantes podem fazer grande diferença no aprendizado de estruturas. Um estudo na Universidade Politécnica de Milão apresenta os métodos, a organização e os resultados positivos de uma dessas experiências (SGAMBI *et al.*, 2019).

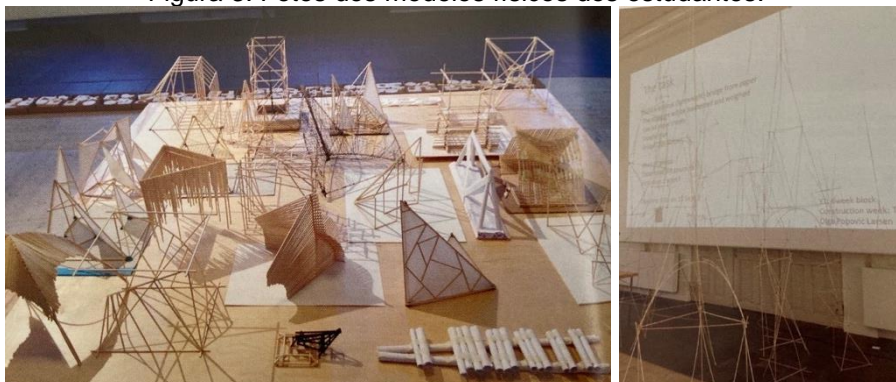
Um dos principais exemplares dessa didática são os três exercícios propostos por Olga Larsen: 1- conceber e construir um modelo físico de uma ponte em papel; 2- aprender com os esqueletos dos animais e como eles funcionam; 3- projetar e construir em palitos de madeira o modelo físico de um edifício mais alto e delgado possível. Além do claro objetivo de explorar e aprender sobre a forma estrutural, essas

---

<sup>22</sup> Tradução livre a partir do inglês.

atividades têm outros propósitos como, por exemplo, fazer com que os estudantes tenham reações rápidas e intuitivas sobre as estruturas (primeiro exercício dura cerca de 40 minutos) ou fazer com que experimentem a estabilidade e as deformações e pensem não só em como os edifícios devem suportar as cargas, e sim que façam isso com uma forma estrutural elegante e imaginativa (LARSEN, 2003).

Figura 3: Fotos dos modelos físicos dos estudantes.



Fonte: LARSEN, 2003, p. 82.

Assim como Larsen (2003), uma grande quantidade de pesquisas aponta para a reprodução de **maquetes dos sistemas estruturais em escala** reduzida como meio importante para o ensino de estruturas (CALLAHAN *et al.*, 2019; DONG; LESLIE, 2009; GRANATA, 2017; LEITE; REBELLO, 2017; NUNES; MORAES, 2017). A maior parte delas induz os discentes a utilizar palitos de madeira e materiais mais rígidos para que os protótipos possam ser testados (CALLAHAN *et al.*, 2019; LARSEN, 2003; OAKLEY, 2006; WHITEHEAD, 2015), o que Lobosco e Câmara (2018) chamam de **modelos de esforço**, aqueles que permitem prever o comportamento estrutural e as reações de carregamentos através de testes (LOBOSCO; CÂMARA, 2018).

Em sua tese de doutorado, César Ballarotti (2016) propõe o seguinte método de ensino de estruturas: 1- encontrar uma edificação que contenha o sistema estrutural a ser estudado; 2- recortar os principais elementos estruturais a serem estudados; 3- estudar o comportamento estrutural desses elementos na literatura; 4- projetar um protótipo que representasse o funcionamento do sistema; 5- construir e testar o protótipo do sistema estrutural estudado (BALLAROTTI, 2016).

Outros estudos mostram um incentivo ao uso de **materiais flexíveis**, que permitam a visualização das deformações (SOUSA, 2017), sendo o *Mola Model*, desenvolvido por Márcio Sequeira em 2008 (OLIVEIRA, 2008), um dos mais divulgados na área. Nesses casos, podem-se perceber reações devido à esbelteza dos

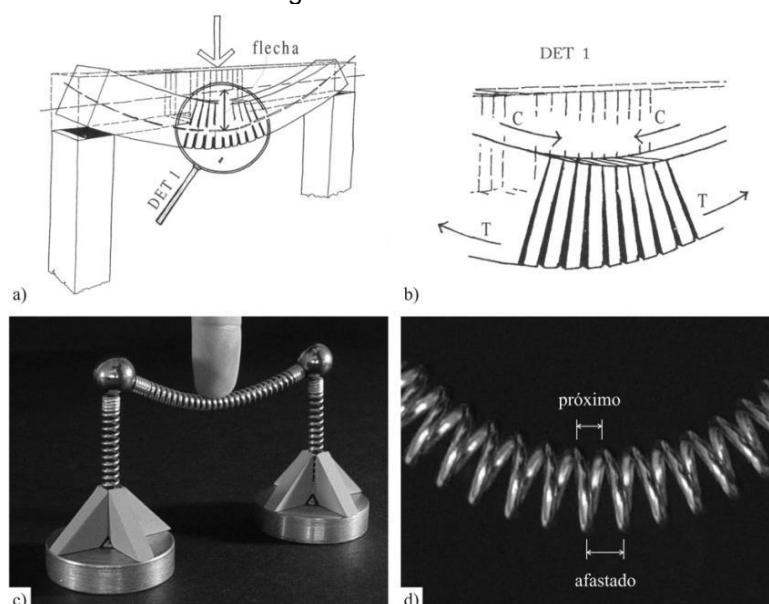
pilares e os fenômenos de flambagem, como combatê-los com o contraventamento, assim como estudar as ligações entre os elementos (se rígidas ou articuladas) e, ainda, a interação com o “solo”, que é o contato do modelo com a base (SOUSA, 2017). Eles foram denominados de **modelos qualitativos ou elásticos** (LOBOSCO; CÂMARA, 2018).

Figura 4: Modelos flexíveis em EVA.



Fonte: LOBOSCO, CÂMARA, 2018, p. 170.

Figura 5: Mola Model.

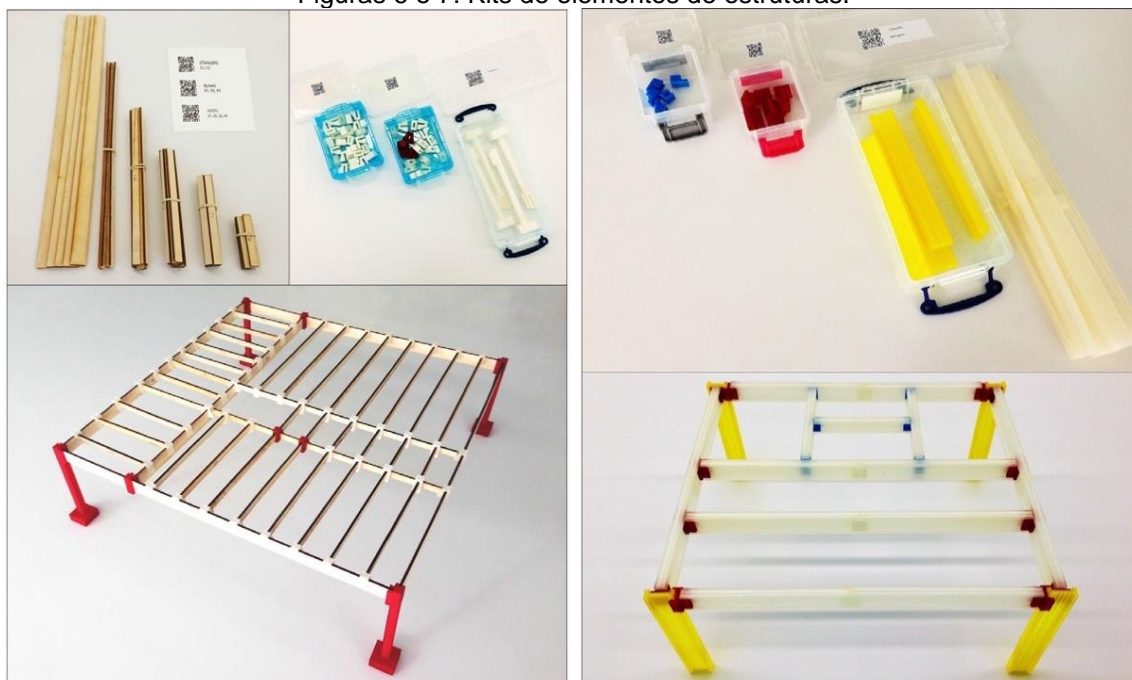


Fonte: OLIVEIRA, SARMANHO, 2017, p. 765.

Semelhante ao *Mola Model*, alguns outros professores também desenvolveram kits de elementos para ajudar os estudantes com o aprendizado em estruturas, como, por exemplo, o apresentado por professores da *Florida International University* (VASSIGN; MIRSHAHIDI, 2015), que foi analisado e testado em diversos *workshops*. Em nível nacional, os professores Tales Lobosco e Débora Câmara, da Universidade Federal de Minas Gerais, desenvolveram um kit que possibilita a criação de muitas

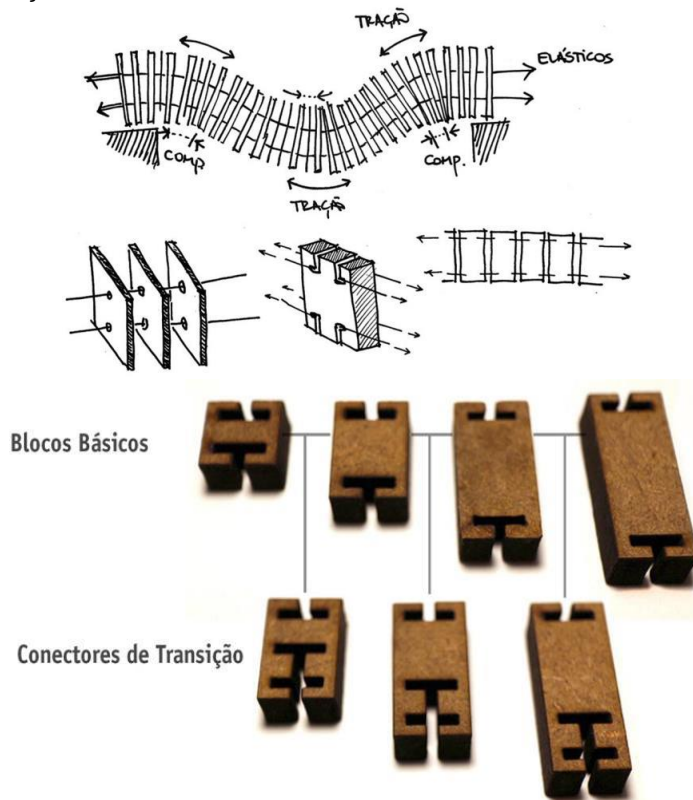
formas a um custo mais baixo (LOBOSCO; CÂMARA, 2018). Nesta lógica, também existem os autores que promovem o uso de jogos de montar (ESTES; BALTIMORE, 2014; OAKLEY, 2006).

Figuras 6 e 7: Kits de elementos de estruturas.



Fonte: VASSIGN; MIRSHAHIDI, 2015, p. 242-243.

Figura 8 e 9: Esboço do Kit de Elementos; Tamanho dos blocos dos modelos e conectores.



Fonte: LOBOSCO, CÂMARA, 2018, p. 172.

Figura 10: Comparação do modelo físico - carga vertical x simulação digital.



Fonte: LOBOSCO, CÂMARA, 2018, p. 174.

Figura 11: Comparação do modelo físico - carga horizontal x simulação digital.



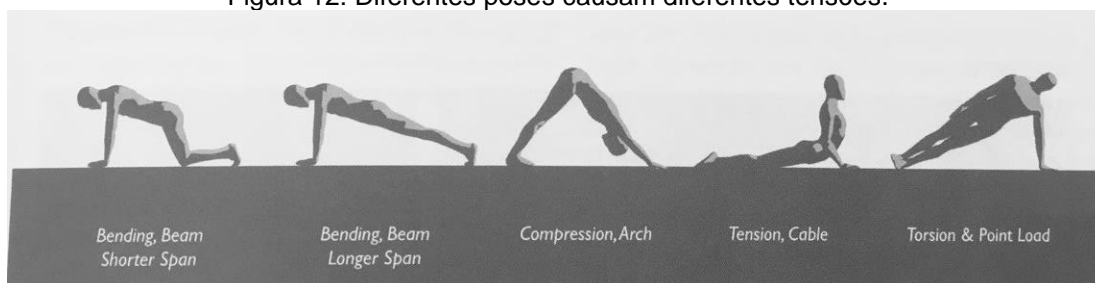
Fonte: LOBOSCO, CÂMARA, 2018, p. 174.

Por outro lado, as pesquisas também propõem o uso de **modelos em escala 1:1** (BRITO; PÓVOAS, 2019b; LARSEN, 2016; LEITE; REBELLO, 2017). Eles são importantes, porque criam uma plataforma de discussão e possuem um papel considerável na educação, no processo de projeto e na pesquisa de conceitos e detalhes (LARSEN, 2016). Alguns docentes também buscam implementar exercícios em escala real, que se assemelham ao **canteiro de obras**, na tentativa de trazer a materialidade da arquitetura para um momento mais próximo do aprendizado de estruturas (BRITO; PÓVOAS, 2019b; GALLEGOS, 2006; GRANATA, 2017; MACKINTOSH, 2014). Apesar de esse formato favorecer a implementação e a prática do cálculo, um dos autores afirma não parecer apropriado para o ensino de conceitos estruturais básicos no início do curso, porque muitas vezes os discentes não estarão preparados para tomar decisões críticas sobre a construção (GALLEGOS, 2006).

Seguindo essa linha de pensamento, há docentes que acreditam na **produção de modelos de prédios históricos** existentes para o ensino de estruturas (GABER, 2012 *apud* SALAMA, 2015; SILVA; TELES, 2017). O estudo da arquitetura medieval na Europa, ou de qualquer período, impõe uma abordagem mais interativa e variada que permite aos estudantes entenderem e apreciarem o desenvolvimento e expressão da materialidade e tecnologia (SALAMA, 2015). Por outro lado, existem aqueles que **integram certos conteúdos à utilização de modelos**, como os conceitos estruturais identificados por Heino Engel: massa ativa, vetor ativo, forma ativa e superfície ativa (GRANATA, 2017; MODLER; MACIEL; LAURETT, 2017).

Além de todas essas estratégias, podemos elencar as que buscam realizar **estruturas humanas** (NUNES; MORAES, 2017; WHITEHEAD, 2020). Elas são o jeito fácil de fazer os estudantes entenderem como a matéria, ou seja, o corpo, responde estruturalmente, e existe uma relação entre a forma e como o conjunto funciona. O objetivo é visualizar, sentir e documentar o comportamento intrínseco das forças nesta experiência de imitar tais princípios como: força, carga, equilíbrio, suportes e estados de tensão ou compressão. Conseqüentemente, entender a “*transmissividade*”, a habilidade de uma força passar para outro elemento e assim sucessivamente até o solo, que também responde na mesma intensidade – esta é a chave do entendimento em estruturas (WHITEHEAD, 2020).

Figura 12: Diferentes poses causam diferentes tensões.



Fonte: WHITEHEAD, 2020, p.21.

Figura 13: Estruturas humanas.



Fonte: Disponível em: <http://thinkmakebreak.blogspot.com/2013/>. Acesso em: 10/02/2020.

Outro elemento importante que pode ser utilizado para o desenvolvimento de uma consciência estrutural nos estudantes, é o **modelo numérico-computacional** (CHIUINI, 2006; POPIŠIL *et al.*, 2015). Em alguns casos, há uma alternância entre os modelos produzidos por *softwares* e os modelos físicos, em que há a possibilidade de teste e conferência e confirmação da reação de cada um deles (BEHNEJAD; PARKE; NOOSHIN, 2015), a exemplo do estudo realizado com o *Mola Model*, em 2017 (OLIVEIRA; SARMANHO, 2017), ou mesmo, com a simples modelagem virtual da proposta, exigindo dos estudantes um olhar analítico sobre os conteúdos de Sistemas Estruturais, a partir do momento que se decompõem os elementos formais de um

determinado objeto, formando um **modelo digital**, que constituiu uma ferramenta didática importante do ponto de vista da interdisciplinaridade (CORDEIRO; ROCHA, 2017).

A construção de modelos 3D, através de ferramentas informatizadas de auxílio ao projeto e **fundamentos no caráter tectônico da arquitetura**, revelou-se um valioso instrumento didático do saber-fazer arquitetônico. Isto porque este processo evidencia a integração entre as partes da estrutura resistente e os elementos formais e espaciais da arquitetura, sendo de extrema importância para a compreensão do papel do sistema estrutural com suporte à concepção da arquitetura (CORDEIRO; ROCHA, 2017, p. 32, grifo nosso).

Dentro dessa discussão, alguns professores acreditam no ensino pautado no ***Problem and Project based learning (PPBL)***, através de pequenos exercícios dentro das disciplinas de Sistemas Estruturais ou em *workshops*, e que isso pode estimular os estudantes a fazerem essa ligação entre o ensino de Estruturas e o de Projeto, por entenderem de pequenos exercícios (BOAKE, 2013; GULLING, 2006; RUIZ-JARAMILLO; VARGAS-YÁÑEZ, 2018). Um deles constatou também uma melhoria nas notas dos estudantes a partir desse método associado a tecnologias de comunicação e concluiu que é possível alcançar os padrões estabelecidos de conhecimentos de estruturas sem aumentar a quantidade de trabalho dos estudantes (RUIZ-JARAMILLO; VARGAS-YÁÑEZ, 2018). Ensinar estruturas através de exercícios projetuais se mostrou uma didática positiva (DERMODY, 2006), porque alinha o pensamento dos estudantes em relação ao tema com os objetivos do curso e seu eixo de formação – que é o Projeto, através do aprendizado ativo.

Outro exemplo é o módulo estrutural intitulado “Tecnologia estrutural na prática”, que incorpora uma série de exercícios propositadamente selecionados e centrados na estrutura dentro dos laboratórios (juntamente com as atribuições tradicionais ocasionais baseadas em cálculos). Durante estes laboratórios de muitas horas de aprendizagem ativa (intencionalmente semelhantes a um ateliê de projeto), os estudantes são ensinados a desenvolver diferentes estratégias para criar e avaliar seus trabalhos – um processo simplesmente conhecido como “pensar, fazer, quebrar, avaliar” (WHITEHEAD, 2020).

Tendo essa ideia em mente, no que concerne ao ensino de Estruturas, além das aulas tradicionais, acredita-se que sessões práticas em laboratórios, produção de modelos físicos, testes estruturais, simulações e análises através de *softwares*

interativos (além da integração da estrutura no ateliê de projeto) são técnicas que podem ser utilizadas na formação em Arquitetura (HERR, 2013). Para Ünay e Özmen (2006) são dois os principais tópicos que devem ser considerados pelos professores de Estruturas: 1- **seleção das tecnologias educacionais apropriadas**, uma vez que os estudantes de Arquitetura são aprendizes visuais (uso de imagens e *softwares* de análise estrutural, por exemplo); 2- **trabalho com modelos estruturais em escala reduzida**, de modo a encorajá-los com uma atividade prática e uma experiência real.

É raro encontrar estudantes de Arquitetura que incorporam princípios de estruturas em seus processos criativos (BRITO; PÓVOAS, 2019a; CORDEIRO; ROCHA, 2017; HEDGES, 2014; SWARTZ, 2006). Eles precisam compreender a função dos sistemas estruturais nesse processo e procurar um meio de integrar o conhecimento adquirido nos módulos de tecnologia, para que consigam desenvolver as **habilidades intuitivas e reflexivas** específicas (WHITEHEAD, 2015). Então, por que as disciplinas de estruturas para arquitetos continuam focando tanto na análise quantitativa, se a concepção estrutural pode influenciar substancialmente o projeto qualitativamente (REBELLO, 2000; WHITEHEAD, 2020).

Cunha (2011) afirma que existem dois aspectos a serem considerados na abordagem atual de ensino dos sistemas estruturais: o primeiro é que eles devem ser tratados como geradores do espaço e **não devem limitar sua didática aos tópicos funcionais**, o que também limita sua compreensão e o entendimento do seu papel duplo entre a forma e sustentação; o segundo, é que existe a necessidade de uma **estratégia interdisciplinar em conjunto com Projeto de Arquitetura**, para que sejam fomentadas suas dimensões funcionais e formais dentro do ateliê (CUNHA, 2011).

Em resumo, como principal ferramenta de ensino apontada pelas pesquisas na área, o modelo físico permite ao discente uma noção de proporcionalidade, compreensão de escala, desenvolvimento a partir da visão espacial da confecção de um protótipo, além da apreensão de detalhes construtivos e soluções projetuais por meio do modelo proposto (SILVA; TELES, 2017). Além disso, este tipo de experiência permite o empoderamento dos estudantes em um estágio muito jovem de sua educação, que os fazem acreditar serem capazes de desenvolver projetos estruturais

detalhados graças a esse entendimento de exercícios de natureza compreensiva. Isto evita o problema da abstração que o cálculo traz (BOAKE, 2013).

Exercícios de aprendizado ativo podem ajudar os estudantes a entenderem melhor os conteúdos de estruturas (CALLAHAN *et al.*, 2019; KHODADADI, 2015) e de engajá-los com o comportamento físico dos elementos estruturais (DONG; LESLIE, 2009). Além disso, e talvez o ponto mais importante, fazê-los **enxergar o que foi aprendido como uma oportunidade de criar algo novo** (SWARTZ, 2006), neste caso, tais estratégias de ensino podem ajudar os estudantes a verem o cálculo matemático sem ter um fim em si mesmo, mas como uma ferramenta de projeto a ser utilizada (CHIUINI, 2006). De acordo com Rebello (2000), a análise quantitativa serve para comprovar e corrigir o que se intuiu e é uma ferramenta para manipular um modelo físico, assim, é necessário que ela seja ajustável a este (REBELLO, 2000).

Todas essas estratégias de ensino em estruturas buscam engajar os estudantes e focar no aprendizado ativo. O que a maior parte delas constata é que a experimentação ajuda os estudantes a entenderem melhor os conteúdos de Estruturas, por gerar o entusiasmo de uma atividade prática, mais condizente com a formação em Arquitetura e, especialmente, por encaminhar o pensamento do estudante para a integração com o processo de projeto. Nesse sentido, no próximo item, buscaremos entender o que deve ser levado em conta na concepção estrutural vinculada à arquitetônica, para, depois, compreender as estratégias atuais que buscam essa aproximação dentro do ateliê.

## 2.2 A concepção estrutural no processo de projeto

Esta parte do capítulo visa discutir a composição da estrutura dentro do processo de projeto e quais são os principais aspectos que devem ser considerados, conforme alguns autores. Primeiro, explicaremos o conceito da **concepção estrutural conceitual** e sua relação com a forma arquitetônica. Em seguida, debateremos a questão da escolha da **forma**, do **material**, da **escala** e da **proporção** nesse processo de criação e como o **desenho**, a produção de **modelos físicos** e **novas tecnologias** são importantes nesses vários pontos do pensamento de projeto.

Existe uma reflexão sobre como os seres humanos, em épocas iniciais de desenvolvimento e sem habilidades analíticas, antes mesmo de qualquer

conhecimento matemático, foram capazes de conceber estruturas que seguem princípios estruturais contemporâneos. Neste caso, entende-se que tais feitos se devem à **concepção estrutural conceitual**, que significa muito mais o entendimento da lógica que do cálculo. Essa também é uma reflexão feita sobre os arcos, que suportavam mais cargas e venciam maiores vãos (LARSEN, 2003). Um modelo em grande escala (1:2) foi decisivo para Felipo Brunelleschi no seu pensamento de projeto e, como comunicação com os construtores, foi uma ferramenta que explicou os princípios inovadores do seu projeto estrutural. Semelhante exemplo foi o de Antônio Gaudí, com seu modelo de inspiração das formas estruturais da Sagrada Família. Ele conseguia interpretar o comportamento das formas naturais, exercendo o papel de projetista estrutural sem nenhuma formação de engenharia (SALVADORI, 1980). Para Bill Addis, a estrutura comunica verdades eternas das leis da natureza, aquelas de equilíbrio e estática. Ela também nos dirá sobre as tecnologias construtivas desenvolvidas pelo homem, através dos séculos, sobre as propriedades dos materiais, que ditará se, como ou não um sistema deverá ser executado (ADDIS, 2001).

As ideias estruturais e complexidades da forma projetadas pelos engenheiros e arquitetos, como Heinz Isler, Eduardo Torroja, Félix Candela, Buckminster Fuller, Eladio Dieste e Frei Otto, estavam à frente do que ferramentas digitais são capazes de fazer para definir, verificar, testar e otimizar as formas estruturais que estes projetistas conceberam (LARSEN, 2020, p. 47)<sup>23</sup>.

Historicamente, com o surgimento da construção do “esqueleto” em concreto armado ou aço, mudou-se a forma de visualizar aberturas e os usos de materiais (LEUPEN *et al.*, 1995). Somando-se a isso, os avanços matemáticos e teóricos no campo da mecânica estrutural colocaram novos elementos no processo de projeto, permitindo que os projetistas previssem o comportamento estrutural em exemplos ainda pouco familiares ou não construídos, em vez de usarem apenas a intuição ou a experiência. Essa abordagem possibilitou a aplicação da pré-fabricação e da padronização de sistemas estruturais, o que resultou na construção de edifícios complexos em um tempo muito menor (SIMONEN, 2014). Atualmente, esse tipo de concepção está relacionado à produção de um conceito estrutural, o qual lida com a satisfação de um conjunto de exigências que incluem eficiência, beleza e sustentabilidade de modo criativo e que não trate apenas de uma análise matemática,

---

<sup>23</sup> Tradução livre a partir do inglês.

com questões sobre a economia que se tem ao diminuir a seção dos elementos (BEHNEJAD; PARKE; NOOSHIN, 2015).

Os princípios de estruturas não mudaram através dos séculos (LARSEN, 2020). No entanto, no final do século 19, a teoria da estática gráfica forçou a visualização da estrutura em duas dimensões, levando os profissionais da construção a projetarem apenas com esta ferramenta (QINYING LI; YONGHENG HU, 2014). Essa estática moderna pautada na verificação e nas técnicas de dimensionamento, ainda tem um grande impacto no processo de projeto de arquitetura contemporâneo, porque divide o sistema estrutural em componentes de construção básicos (pilares, vigas, etc.), atribuídos a uma tarefa de acordo com seu formato. Esse princípio faz com que a estrutura responda às cargas de um modo coerente com as expectativas do cálculo, e cada um dos elementos pode ser observado e otimizado separadamente (BLENKUŠ; KRUŠEC, 2019). Isto é o oposto do que os arquitetos pensam, porque tendem a prestar mais atenção à forma geral antes do que durante sua realização, enquanto que engenheiros dependem primeiramente da predeterminação da geometria que irá definir a performance de cada elemento, descobrindo a forma geral posteriormente (HERR *et al.*, 2012).

Quando tratamos de estruturas complexas e inovadoras, Rebello afirma que podem existir dois caminhos: estudá-las em um conjunto único ou separá-las em partes. Este segundo consiste em aplicar modelos matemáticos simplificados em cada uma das parcelas, o que pode não ser ideal em todas as situações, pois em alguns casos a soma delas não irá resultar no todo. É preciso saber, antes, se é possível utilizar esta técnica. Em um cenário ideal, toda e qualquer estrutura deveria poder ser analisada como um todo, no entanto, isso é impossível, porque até mesmo os métodos numéricos de análise mais sofisticados têm hipóteses simplificadoras (REBELLO, 2006).

Sob a perspectiva da criação arquitetônica e estrutural, se considerarmos que ela consiste em vencer vãos de maneira eficiente e estável, existe uma quantidade significativa de potenciais soluções, exigindo mais do que ciência e matemática, mas, acima de tudo, a perspectiva crítica do arquiteto (PERRONE; VARGAS, 2016). Logo, com o desenvolvimento de sistemas estruturais através da história e do conhecimento dos materiais, a maneira como se comportam e sua geometria podem ser exploradas

sem um aprofundamento no cálculo (MOSSERI, 2019). É essa compreensão dos padrões de funcionamento das estruturas, isto é, suas deformações, que influencia na forma e nas dimensões das peças resistentes aos esforços (LOBOSCO; CÂMARA, 2018).

Segundo Martinez (2000), em nenhum lugar isso é mais verdadeiro do que na arquitetura e na estrutura, um casamento no qual a ciência e a beleza se combinam para satisfazer a algumas necessidades físicas e espirituais mais básicas da humanidade (MARTINEZ, 2000). A *venustas* não pode existir sem uma correção estrutural, no sentido de que deve funcionar, o que foi estabelecido há muito tempo por Vitruvius em seu livro *De Architectura* (AZIZ; BANE; FAHMI, 2007). Ela é um dos artefatos que **expressam a criatividade** humana, mas não pode ser criada sem um profundo **respeito às leis da natureza**. A arquitetura tem esse poder de enviar um recado ao seu expectador, e isso também acontece com as estruturas, com sua mensagem própria de força ou elegância, desperdícios ou economia, feiura ou beleza. Sua lógica está relacionada à eficiência que um edifício tem em se manter em pé (SALVADORI, 1980). Se um volume grande deverá ser sustentado por apoios esbeltos, intuímos o quão resistente deverá ser o material desses pilares e o quão inerte deverá ser a sua forma, para que resistam a esta expressão espacial (ÜNAY; ÖZMEN, 2006).

Sendo assim, a obra de estrutura não é só sustentação, ela foi feita com um propósito, e tem aspectos que influenciam nos sentidos das pessoas, tendo uma repercussão psicológica (REBELLO, 2006). Ela pode introduzir uma **mensagem semiótica** de duas maneiras: um edifício pode depender da estrutura para alcançar resultados estéticos ou pode seguir exclusivamente as leis da natureza e a mensagem estará totalmente relacionada à ação estrutural e conter um significado próprio. Logo, os princípios estéticos são dinâmicos, ou seja, nada neles é absoluto. Assim, podem existir edifícios que ignorem as leis estruturais como o Parthenon que, estruturalmente, está longe de ser “correto”, porque a pedra não dispõe de características estruturais para vencer grandes vãos como a madeira, por exemplo, e muitas estruturas eficientes são consideradas “feias”. Nesse caso, é necessário separar os projetos que têm, na sua essência, a inevitabilidade da estrutura como um aspecto que influencia em sua aparência (SALVADORI, 1980). Para Sandaker, não existem escolhas das relações entre vãos e da forma resultante por acaso, elas

podem, no entanto, estar relacionadas a qualquer outro critério de projeto (SANDAKER, 2008).

Em se tratando da melhor opção estrutural para um projeto, Rebello ilustra com o seguinte exemplo: “qual seria o melhor caminho entre dois pontos?”, o resultado dessa pergunta será uma reta, mas se colocarmos os critérios de função turística, vistas históricas e paisagísticas, tal caminho pode ser completamente alterado. “O melhor é sempre relativo” (REBELLO, 2006). Diz-se entre os profissionais da engenharia que as construções mais bonitas são as que mais obedecem à eficiência e à economia. No entanto, os arquitetos têm um sistema mais complexo para avaliar a beleza de uma estrutura, o que também varia de pessoa para pessoa. Por isso, um projeto não pode ser apenas avaliado por esses dois pontos, devem-se levar em consideração outros fatores como a qualidade espacial, sua relação com a expressão arquitetônica e características materiais relacionadas ao sistema estrutural (WHITEHEAD, 2020).

Costumamos acreditar que mensagens puramente estruturais advêm do entendimento intuitivo, que deriva da experiência física cotidiana, por exemplo, das formas da natureza ou do ato de tirar água de um poço. A partir destes acontecimentos, entendemos que uma viga em balanço será melhor se sua seção for maior próxima aos apoios, o que o Mário Salvadori chama de “**entendimento inconsciente de correção**” (SALVADORI, 1980). Esse senso estrutural vem da combinação das sensações primárias e da sua interpretação. Acostumamo-nos a perceber tais coisas quando brincamos com blocos de madeira e fazemos aviões de papel (LARSEN, 2003).

Você sabe mais sobre a concepção estrutural do que você espera. As tentativas e erros das nossas experiências físicas têm nos preparado para conectar o que nós “sentimos” ao que nós iremos aprender (WHITEHEAD, 2020, p. 19)<sup>24</sup>.

Segundo Rebello (2006), no momento do processo de projeto o “irracional”, não aquele no sentido pejorativo, deve prevalecer frente à racionalidade, para que as ideias fluam com liberdade e que isso possa gerar uma comunicação entre arquiteto e engenheiro que não seja somente pautada nas normas e procedimentos (REBELLO, 2006). Existem métodos da concepção estrutural que representam dois distintos

---

<sup>24</sup> Tradução livre a partir do inglês.

modos de pensar. Um deles é a partir do conhecimento existente da engenharia e seus objetos construídos, usando a análise estrutural para chegar às soluções, nesse caso, o resultado não será completamente inovador e muito do que se projeta em arquitetura segue essa linha de raciocínio. O outro é escolher e desenvolver um conceito estrutural próprio para um propósito particular, induzindo a um processo altamente criativo (AMORIM, 2014).

Na relação da forma e sua estrutura, o primeiro enfoque é pautado no **desejo arquitetônico**, o segundo, no conjunto de elementos construtivos dispostos em um sistema de forças no espaço (AMORIM, 2014). Essa necessidade de transmitir as forças através de uma forma cria complicações se a geometria ideal para esta tarefa não está alinhada com a intenção arquitetônica (SALVADORI, 1980). Logo, a concepção estrutural compete mais em encontrar a forma adequada de sustentação do que em tentar achar as dimensões de seus elementos (LARSEN, 2003).

Além disso, através de **feedbacks intuitivos e visuais** na relação explícita entre a forma e as forças fornecidas durante o processo de *form-finding*, o projetista aprende sobre as restrições de equilíbrio, de exploração de formas excitantes, e das possibilidades de otimização da geometria (BLOCK; VAN MELE; RIPPMANN, 2016, p. 53)<sup>25</sup>.

Seguindo essa linha de pensamento, é relevante diferenciar as fases do processo de projeto, especialmente a de **síntese**. Quando a estrutura é o critério principal, o esquema arquitetônico será similar ao estrutural; em alguns casos, fica impossível separar os dois e ambos irão fornecer expressões e um tipo específico de característica estética. Esses entendimentos fundamentais dos princípios básicos de estruturas comentados anteriormente e sua aplicação no desenvolvimento do conceito de projeto são algo a ser reconhecido e não ignorado. É vital que os profissionais se tornem proficientes na análise matemática, apenas como um modo de verificação, porque **o desenvolvimento intuitivo deve vir antes da etapa de avaliação** (MOSSERI, 2019). Tal ponto foi confirmado por Eduardo Torroja, cujas considerações corroboram que o processo criativo de estruturas pertence ao processo de planejamento de projeto e é anterior ao seu cálculo verificativo (TORROJA, 1957). Também foi reconhecido por Yopanan, quando afirmam que o cálculo matemático da estrutura deve ser uma consequência de algo física e previamente idealizado, que se

---

<sup>25</sup> Tradução livre a partir do inglês.

deve ter cuidado para que não restrinja de maneira irreparável o rido processo de idealização: “Na fase de concepção do projeto é perigoso apegar-se ao absolutamente exato” (REBELLO, 2006, p. 319).

Esta citação nos leva à reflexão do que Bryan Lawson chama de **armadilha dos números**, que acontece quando um problema ou característica do projeto pode ser expresso em números, onde também existe o pressuposto de que números maiores são melhores ou mais desejáveis, o que nem sempre é verdade em se tratando de projetar (LAWSON, 2011).

Nesse caso, Rebello reitera que sempre é preciso orientar as escolhas definindo uma hierarquia de quesitos que devem ser preenchidos pela solução estrutural: pode-se desejar que a estrutura seja, antes de tudo, leve, depois, econômica e, por último, bonita, e assim por diante. Essa lista de critérios pode ser determinada com outra ordem, sempre dependendo do contexto em que se insere. Não tem sentido, no entanto, privilegiar um sentido acima dos demais, como normalmente acontece com o aspecto econômico (REBELLO, 2006).

No entanto, achar a **geometria adequada** para um sistema de suporte não significa, necessariamente, determinar as dimensões e proporções de cada um dos seus elementos (AMORIM, 2014). O conceito da forma na arquitetura é reconhecido pelo contexto em que se insere e não está relacionado ao aspecto exterior ou aparência visual, mas como “estrutura essencial e interna, como construção do espaço e da matéria”<sup>26</sup>, sendo o termo “estrutura” o que interliga os diversos significados morfológicos do projeto (SCHÄFFNER, 2016, p. 19). Na maioria dos edifícios construídos atualmente, o sistema estrutural é subordinado à sua única função: dar sustentação. A dimensão técnica pode ser exclusivamente funcional ou representativa (como visto anteriormente), onde a estrutura ganha um valor simbólico, em que há uma maior clareza e maior detalhe da estrutura, tornando-a um elemento dinamizador da forma do edifício (CUNHA, 2011). Segundo Sandaker, a estrutura exerce um papel mecânico e um espacial, os quais dependem de outros fatores (SANDAKER, 2008).

Nos casos de valorização da técnica através da nítida expressão do sistema estrutural na arquitetura, essa valorização tem diversas motivações: 1- seja por demanda do **programa**, como é o caso de projetos de terminaria de

---

<sup>26</sup> Tradução livre a partir do inglês.

aeroportos entre outros; 2- pelo **sistema estrutural, como é o caso das estruturas espaciais**, ou pelas vigas e pilares inclinados que põem em relevo a forma dos vigamentos, dos pilares, como também dos próprios planos horizontais (CUNHA, 2011, p. 2).

Resumidamente, Olga Larsen explica que é importante compreender que a concepção estrutural conceitual pode ser gerada a partir de: 1- elementos da natureza, 2- intuição; 3- precedentes; 4- princípios científicos e dos materiais; 5- modelos físicos; 6- novas ferramentas computacionais (LARSEN, 2003). De acordo com um estudo com 54 edifícios contemporâneos, existem sete principais tópicos para alcançar a **forma estrutural**, os quais relacionou a sete principais temas: modelagem paramétrica, geometria, beleza/performance, beleza/resistência, efeitos dos conceitos estruturais, movimento do caminho de forças e regras executivas (NEJATI; HABIB; SHAHCHERAGHI, 2018).

A questão do equilíbrio, princípio fundamental das estruturas, é intrínseca não só ao corpo humano, como à toda a natureza, de onde vem muitos dos exemplos de inspiração estrutural e arquitetônica (REBELLO, 2006). Nesse meio, existe um constante confronto com a materialização por conta da tentativa de sempre superar a gravidade. Esse sentido de materialização definido na tríade vitruviana de *firmitas* se orientou primeiramente na natureza, depois em **obras existentes**. A percepção dessa estrutura estará então vinculada ao **aspecto tipológico do edifício**, às suas dimensões e sua função (ILKOVIČ; ILKOVIČOVÁ; ŠPACEK, 2014). No processo de projeto também podemos mencionar a **armadilha da categoria** dos edifícios, na qual o projetista procura usar ideias utilizadas por essas referências e tenta aproveitá-las sem um senso crítico (LAWSON, 2011).

Seguindo outro ponto de vista, a habilidade de pensar na matéria, ou seja, um **conhecimento construtivo** também participa do diálogo entre a forma e a estrutura e, conseqüentemente, participará da concepção arquitetônica (ÜNAY; ÖZMEN, 2006). Os materiais são o veículo da expressão, não vestem a forma da arquitetura, ao contrário, ela deriva deles, os quais representam um vocabulário cuja gramática busca formulação em uma significativa e conseqüente **estrutura tectônica**, da qual é exigida a garantia de que a sua forma se una em torno de um significado, logo, representa as possibilidades de combinação de seus componentes, gerando uma **interação** entre eles, assim como um texto é composto por palavras. Dessa forma, esse conceito agrega a construção, a arte e a tecnologia (MEISTER; RIST-STALDEMANN, 2016).

Num edifício com grande cobertura em balanço, isto é, partes suspensas no ar e sem apoios, será necessário pensar na forma, compensando reciprocamente as massas e as distâncias. da mesma maneira que uma viga com dois pilares e um grande vão, se considerarmos balanços dos dois lados diminuindo a flecha central, porque, com seu peso, levantam a barra central. Para Amorim, dar a cada peça estrutural e ao sistema como um todo uma constituição material para que o resultado seja a forma desejada (AMORIM, 2014). Exemplo disso é a folha de papel, à quem se dermos uma pequena curvatura (mesma especificação, mesma gramatura), terá maior rigidez (REBELLO, 2000).

O **material** é o elemento que mais claramente influencia na aparência da obra, porque determina sua forma, dimensões e proporções (TORROJA, 1957). É muito difícil utilizá-lo sem a compreensão de sua natureza, que normalmente envolve o aprendizado da capacidade de cada tipo diferente dele. Peter Rice usou seus conhecimentos dos materiais como um método de análise, forçando-os até o limite, de modo a garantir vantagens estéticas (HOMER, 2006). Sua escolha é o primeiro passo a ser observado (PERRONE, 2018).

Além disso, é necessário bom senso para analisar a viabilidade de construção de edifícios tendo em vista as condições ecológicas, econômico-financeiras, sociais e culturais do meio, pois é preciso identificar em quais âmbitos é possível aplicar a ousadia de que todo processo transformador necessita. Esse jogo entre alturas de vigas e dimensões calculadas pelo tamanho do vão é relativo, uma vez que se pode trocar o material construtivo e ter outras associações, lembrando sempre que essa **mudança implica em outra linguagem formal, construtiva e estrutural**, ou simplesmente alterar a forma para que os elementos respondam adequadamente a todos os esforços (AMORIM, 2014).

Sob outra perspectiva, pensar na estrutura significa fazer mais com menos, ou seja, usar menos material para suportar uma determinada carga e, além disso, trata-se de uma questão de **escala**. A morfologia e suas **proporções** são os principais componentes nesse tipo de concepção, porque estão ligados ao ponto de vista arquitetônico (PANET; LIMA, 2017). A esse respeito Amorim (2016) exemplifica as proporções dadas ao Masp, que faz dele um edifício único e fácil de ser reconhecido em um croqui da fachada (AMORIM, 2014). Esses dois pontos também são

amplamente comentados por outros autores quando se trata de criar estruturas (ADDIS, 2001; SALVADORI, 1980; SANDAKER, 2008; TORROJA, 1957).

Memorizar, saber de cor, introjetar proporções que possibilitam à forma existir com estabilidade e economia, auxilia a dimensionar formal e estruturalmente os objetos projetados, desde os primeiros croquis. Ao fornecer corporeidade ao desenho unifilar de um croqui, passa-se a entender o edifício também como um sistema de forças assimiladas pela matéria. **Essa corporeidade tende a vir através da intuição estrutural-formal do arquiteto, do estudante, do engenheiro, por meio do estudo de referências similares em programa, modulação e material e com o auxílio do bom senso do proponente** (AMORIM, 2014, p. 144, grifo nosso)

Sobre as ferramentas tradicionais de projeto, que possibilitam a exploração de ideias, o **desenho** age como uma fusão entre a engenharia e a arquitetura e se torna uma criação artístico-científica, podendo transmitir valores que sobrepõem a técnica e a performance estruturais (MOSSERI, 2019). Ele não é somente uma forma de expressar a ideia, mas parte integrante do próprio processo de projeto. Segundo Lawson, Donald Schön (1983) foi feliz em descrever o projetista como alguém que “conversa com o desenho” e, trabalhando desse modo, tem total liberdade de manipulação sem peso do custo do objeto construído (LAWSON, 2011). Alguns autores colocam que não vemos realmente o projeto até o momento de desenhar, porque diferentes capacidades mentais são envolvidas, muito mais até do que ao modelar digitalmente um objeto na tela do computador, por isso, não se pode privar os estudantes dessa ferramenta de projeto completa (OAKLEY, 2019).

Por outro lado, o desenho é um modelo muito limitado do produto final, apesar de parecer suficiente num mundo cada vez mais visual e, por sua exatidão e confiabilidade da aparência do objeto, não proporciona uma exploração do funcionamento nem do desempenho do projeto (LAWSON, 2011). Já os **modelos físicos** podem representar o comportamento estrutural durante o processo de projeto arquitetônico (AMORIM, 2014). Ele é algo que todos entendem, não só profissionais da construção, tendo uma característica comunicativa eficiente e, talvez por isso, não tenha perdido seu valor na área (SCHÄFFNER, 2016). Muitos arquitetos conseguem chegar a uma forma construindo réplicas e aplicando cargas, assim como os antigos mestres construtores (VILQUIN, 2013). No entanto, o objetivo do uso de modelos físicos não é medir os esforços, mas sim, encontrar alternativas estruturais durante o processo. Nesse caso, é importante manter a escala, porque existem as proporções

primárias referentes aos vãos e ao espaço, e as secundárias, que determinam as dimensões aproximadas dos elementos estruturais (PANET; LIMA, 2017).

Modelos físicos têm um papel significativo no processo de concepção, porque, em primeiro lugar, permitem a criação de algo novo, em segundo, possibilitam a visualização do objeto projetado e, por último, por conectarem a materialidade ao *design*. Semelhante a muitos autores, Olga Larsen comenta que o processo de criação é caracterizado por um nível alto de complexidade que conecta diferentes campos de conhecimento, habilidades tácitas e práticas e a capacidade de tecer valores de projeto. Nesse sentido **a experimentação é parte importante do processo**, em especial nos seus primeiros momentos, já que, diferente dos modelos de testes, esses experimentos são mais abertos à imaginação (LARSEN, 2020).

Obviamente que muitos modelos são embasados por técnicas e instrumental contemporâneos, como a impressão tridimensional, mas, muitas vezes, **simples modelos de materiais rústicos e sem fins estéticos permanecem como a melhor forma de exploração projetual**. Papéis, isopor e arames, até mesmo nos grandes escritórios, ainda aparecem como material para especulação por modelos no processo de projeto (GRANATA, 2017, p. 1130).

Ainda sobre modelos físicos, Larsen afirma que são dispositivos importantes para o desenvolvimento de conceitos estruturais, especialmente como investigação de novos princípios, sistemas e geometrias. Contudo, ela argumenta que a **alternância entre as maquetes e objetos virtuais é um caminho do estudo da forma que torna o processo de projeto mais interativo**, apesar de muitos exemplos de estruturas inovadoras terem sido realizados apenas com a ajuda de modelos físicos (LARSEN, 2003). A combinação entre modelos físicos e digitais e seu uso como reflexão dentro do processo de projeto e sua capacidade de inserir novos pensamentos nas suas interações é crucial. O Guggenheim de Bilbao é um dos exemplos em que essa combinação contribuiu como técnica de exploração e auxílio da forma: “Modos digitais e analógicos de trabalho dão suporte e se complementam entre si, ambos projetos de engenharia e arquitetônicos”<sup>27</sup> (BLOCK; VAN MELE; RIPPMANN, 2016).

Como visto no Capítulo 1, no último quarto de século, uma grande mudança de tecnologias digitais de representação também alterou os processos de projeto tradicionais, começando pelo surgimento de *softwares* de desenho 2D, rapidamente

---

<sup>27</sup> Tradução livre a partir do inglês.

passando para modelagem 3D e, mais recentemente, para o BIM (OAKLEY, 2019). Contemplando os principais momentos de transformações nos sistemas estruturais, vemos que ocorreram quando novos desenvolvimentos tecnológicos e científicos permitiram encontrar maneiras de levar as cargas até o solo de um jeito mais eficiente e econômico (LARSEN, 2003).

Conseqüentemente, o *design* pautado na performance, que é um método passivo cujo foco reside na necessidade de cumprir todas as leis e regulações, deixando o arquiteto ser “levado” pelo engenheiro com sua verificação, avaliação e aprovação do projeto, tem sofrido variações. De acordo com a evolução computacional das últimas décadas e o avanço da tecnologia de prototipagem rápida, dentro do processo de arquitetura, a estrutura pode ser simulada, analisada e otimizada. Isso possibilita uma melhor colaboração entre as duas profissões, impulsionando maior articulação entre espaço e edificação. Assim, nesse campo, surge uma nova metodologia fundamentada na performance dos elementos de suporte (QINYING LI; YONGHENG HU, 2014).

Em um artigo apresentado por Sam Conrad Joyce no IASS 2015, o autor defende que as **ferramentas digitais** ajudaram os engenheiros a verem mais intuitivamente e de maneira mais eficiente as estruturas, uma vez que começaram substituir sua estratégia de tentativa e erro por possibilidades de visualizá-las. Logo, uma das principais vantagens da estática gráfica é que ela consegue representar as relações entre a forma da estrutura e seu equilíbrio interno e forças externas. Isso permite a **criação geométrica do sistema estrutural através da performance** além do seu desenho, controlando aspectos construtivos, o que implica na clara demonstração da otimização da forma, que pode ser obtida por meio de um projeto de forças explícito e direto, mediante inúmeras interações (BLOCK; VAN MELE; RIPPMANN, 2016). Contudo, o projeto baseado nesse método não utiliza simplesmente a forma-ativa para guiar o *design*, nem usa o comportamento estrutural como a ferramenta de *form-finding*. Ele vai além, porque permite estabelecer uma nova forma de trabalho colaborativo entre arquitetos e engenheiros (QINYING LI; YONGHENG HU, 2014).

Segundo Niels de Temmerman, a modelagem paramétrica proporciona um projeto mais bem informado (*better informed design*). Ele afirma que a colaboração

entre pesquisadores, estudantes e professores auxilia os estudantes a ganharem um conhecimento crítico do discurso de Arquitetura e dos desafios do canteiro de obras. Nos programas que favorecem essa conversa, em especial, os que formam tanto arquitetos como engenheiros, o propósito não é educá-los para serem futuros Mestres Construtores, como antigamente, que conseguem fazer de tudo, e sim treiná-los para trabalharem melhor juntos, de maneira mais integrada e aprofundada no projeto. As ferramentas digitais, neste caso, oferecem uma plataforma que torna essa colaboração mais fácil e rápida (LARSEN, 2003).

É importante observar, em 2012, o início da discussão sobre o tema do “entendimento de estruturas baseado na geometria” que, graças às **novas possibilidades computacionais**, previu um impacto significativo no *design* mundial em decorrência das novas exigências da construção de edifícios. No entanto, os **tais recursos podem produzir barreiras pela exigência de certa precisão no início do processo de projeto** (VILQUIN, 2013). Outro problema é que o poder das técnicas de representação atuais alcançou um nível tão alto que existe a possibilidade de alienar a visão tanto dos arquitetos quanto dos engenheiros em relação à necessidade de um ou de outro, frente ao trabalho a ser desenvolvido (HERR *et al.*, 2012).

Como explicado anteriormente, a concepção estrutural na era moderna do processo de projeto está se distanciando da divisão dos elementos, uma vez que hoje eles podem não seguir as formas ortogonais e serem completamente amorfos, indicando uma arquitetura resultante bem mais formal e menos estrutural (BLENKUŠ; KRUŠEC, 2019). A capacidade de novos *softwares* de modelagem e suas possibilidades de mudanças dos parâmetros liberam a criação para experiências projetuais espetaculares, as quais estimulam professores e estudantes, no entanto, a arquitetura não é só imagem. Para se tornarem arquitetura precisam de abordagens tectônicas, sociais, culturais, econômicas, contextuais etc. Nesse caso, a imagem colabora com a construção das ideias, mas também pode marcar a omissão do conhecimento tectônico sobre o projeto e criar ilusões (ADDIS, 2001).

O surgimento da “arquitetura digital”, como defendida por vários arquitetos, permitiu a **exploração de geometrias complexas**, mas que, em alguns casos, tornaram-se arbitrarias (LARSEN, 2020). Mais uma vez, surge uma **armadilha da imagem**: quem cria tem uma visão do projeto acabado na cabeça, podendo surgir

problemas entre o que se deseja e sua concretização, logo, tais imagens devem ser utilizadas como hipóteses possíveis e não como teses consolidadas (LAWSON, 2011).

A passagem do sistema analógico para o digital fez tanta diferença na arquitetura quanto a do desenho da prancheta para o computador, assim como a invenção da perspectiva no Renascimento (MONTANER, 2015 *apud* PANET; LIMA, 2017). O **Novo Estruturalismo**, no seu sentido geral, ganha um papel especial na Arquitetura, porque coloca no processo de projeto a integração de muitos conhecimentos. Sua outra vertente principal é apresentar a importância da materialidade das estruturas, porque considera que assim ela assumirá uma importante posição de alcance dos novos materiais e do espaço. No entanto, lida não só com uma ordem representacional, mas também construtiva e de formas de projeto de conhecimento que interconectam relações estáticas e dinâmicas (ÜNAY; ÖZMEN, 2006).

Esse contínuo desenvolvimento dos recursos e das interfaces intuitivas dos programas computacionais se destina à construção de modelos digitais e sua inserção na fase de criação arquitetônica, em especial na etapa de síntese (CORDEIRO; ROCHA, 2015). Nesse caso, é possível diferenciar dois tipos de concepção estrutural atualmente: uma com **base tipológica estrutural**, ou seja, baseada em edifícios construídos: e outra **fundamentada nos algoritmos**, em que há a geração de um sistema diferente, que pode ser apoiado em elementos da natureza, como a textura de uma folha (ILKOVIČ; ILKOVIČOVÁ; ŠPACEK, 2014). Dentro desse contexto, a **otimização estrutural**, que resulta em uma estrutura advinda de um algoritmo, parte, na verdade, de um conceito muito simples: realocar os materiais para partes mais ineficientes estruturalmente (QINYING LI; YONGHENG HU, 2014).

Em resumo, lidamos com vários tipos de complexidades e o nível de desenvolvimento computacional em que vivemos possibilita trabalhar com elas, além das otimizações, essenciais e resultantes em aspectos até mais importantes que a própria estrutura, como **uma consciência ambiental e sustentável**. Mais e mais os projetos de edifícios são uma combinação de requisitos: implicações ambientais, estruturais, funcionais, estéticas, financeiras, entre outras. Nesses casos, as ferramentas de modelagem paramétrica podem traçar uma nova era para o processo

de projeto, uma época sem a “inibição da forma”, em que todas são possíveis e sem grandes esforços em combinar a geometria com a construção (LARSEN, 2020). É preciso entender que a arquitetura não é mais considerada uma profissão autossuficiente, mas multidisciplinar, multi-habilidosa e multidirecional (MASRI, 2017).

Entendemos, assim, como todos estes aspectos agem na concepção estrutural dentro do processo de projeto, não só no âmbito profissional, mas especialmente, na formação em Arquitetura, e trazem algumas armadilhas. Como colocado no Capítulo 1, essa mudança constante amplia o desafio do ensino dentro do ateliê, no entanto, apesar de intensificá-lo, as novas formas de conceber estruturas têm lançado um novo olhar sobre tal assunto no processo de projeto. Portanto, dando continuidade à discussão, no próximo item serão apresentadas estratégias que podem contribuir para uma didática mais orientada e integrada da concepção estrutural conceitual na formação do Projeto de Arquitetura.

## **2.3 Estratégias de ensino da concepção estrutural no ateliê de Projeto de Arquitetura**

Nessa parte do capítulo, identificamos alternativas do ensino prático da concepção estrutural que têm sido discutidas ao redor do mundo, levando em consideração a sua inserção dentro da disciplina de Projeto de Arquitetura. Algumas destas estratégias têm apresentado melhores resultados que outras quando se trata de incentivar os discentes ao pensamento da estrutura no processo de projeto. Os desenhos livres, os modelos físicos e/ou digitais, a mudança de sequência das atividades, a participação de professores de estruturas no ateliê e propostas de integração são os principais tópicos defendidos nas publicações atuais. Porém, primeiramente, é preciso explicar alguns pontos da didática de projeto associada à concepção estrutural.

De acordo com Elsa Garavaglia, Noemi Basso e Luca Sgambi (2020), durante os últimos anos, foram muitas tentativas de implementar o aprendizado ativo de estruturas dentro do ateliê, cujo propósito era **familiarizar os discentes sobre um tópico que nem sempre é bem aceito por eles**, mas que é essencial para o seu treinamento e sua vida profissional. Muitas das iniciativas documentadas parecem ser de professores, que, individualmente e respeitando o programa de ensino da

instituição, mudam seu modo de ensino em favor da experimentação de novos métodos (GARAVAGLIA; BASSO; SGAMBI, 2020). Um dos principais problemas do eixo das disciplinas de Projeto é ajudar os estudantes a cruzar as habilidades criativas com os conhecimentos teóricos (HARFMAN, 2019). Portanto, é necessário pensar em um modelo pedagógico do ensino da concepção estrutural no campo da Arquitetura (MASRI, 2017). Essa consciência deve ser criada logo nos primeiros anos da educação dos arquitetos, porque uma formação introdutória e qualitativa de estruturas não diminui sua capacidade criativa logo nos primeiros anos do curso, pelo contrário, faz com que seus projetos sejam mais práticos e realistas (VILQUIN, 2013).

É importante observar que a pouca ênfase na estrutura pode gerar um resultado criativo, mas também irrealista, enquanto o oposto pode resultar em algo bastante real, porém não muito inovador. No trabalho publicado por Callahan, Shadravan e Leinnewber, todos os três autores identificaram que ao exagerar os componentes estruturais dentro do ateliê, os resultados foram menos do que ideais (um deles identificou que todos os projetos de seus estudantes se assemelhavam a prédios de estacionamento). Sendo assim, existe a necessidade de **equilíbrio no enfoque do processo de projeto dos estudantes** (CALLAHAN; SHADRAVAN; LEINNEWBER, 2016).

Na divisão da arquitetura entre arte e ciência, os estudos sobre estruturas estão dentro da segunda, contudo, é preciso que este tópico esteja mais na etapa da síntese de projeto (VRONTISSI, 2015). O aperfeiçoamento na concepção estrutural depende, como em qualquer outra área, da **aplicação de ideias e experiências** (ÜNAY; ÖZMEN, 2006). No seu ensino, há três principais eixos a serem considerados: **concretude**, que se refere à precisão da estrutura, **completude**, relacionado à extensão do projeto, e **variantes**, necessárias para determinar espaços, devendo ser coordenadas, devido à não linearidade do processo de concepção (SGAMBI; BASSO; CODAZZI, 2013).

Pequenas **atividades de pesquisa dentro do ateliê** podem ser implementadas para que os discentes explorem e experimentem os efeitos do comportamento estrutural antes de aprenderem os princípios que os governam (PANET; LIMA, 2017). Para tanto, não é necessário mudar totalmente seu cronograma para aplicá-las, elas apenas irão **aumentar a experimentação do**

**problema de projeto através das lentes de uma tipologia estrutural.** Ao mesmo tempo, essas características estruturais vão criar parâmetros diferentes para cada estudante, dando-lhe um sentido estrutural para o propósito de projeto e permitindo-lhe decidir se a tipologia estudada será adequada para o problema (BECKER, 2013).

Maria Vrontissi (2018) afirma que a **abordagem construtivista** como estratégia pedagógica busca ativar o engajamento dos aprendizes em uma atividade intuitiva exploratória e tridimensional, através da modalidade de “aprender-fazendo”. O principal foco dessa tarefa é desenvolver o entendimento estrutural como um gerador de espaços, em vez de ele servir apenas como requisitos estáticos. Sendo assim, essa consciência estrutural é alcançada através de **oscilações entre o abstrato e o concreto: a ideia genérica de equilíbrio e a construção da maquete** (VRONTISSI *et al.*, 2018).

A sequência cíclica da criação de projeto, imaginar-desenhar-analisar é a base desse tipo de exercício. Projetar, ensinar e aprender são conversas de croquis, esboços de imagens e reflexões que vão sendo fabricados conforme as histórias que interpretamos, percorremos e vivemos (ÜNAY; ÖZMEN, 2006). Esse processo se realiza por meio de representações, as quais, dentro do ensino, estão vinculadas ao desenho e, às vezes, a produção de modelos tridimensionais. Estas peças gráficas permitem a construção do conhecimento de cada estudante e a possibilidade de interpretação dos professores, acarretando a crítica de cada proposta. Assim, **os desenhos são o principal meio de expressão, comunicação e ensino**, isto é, a construção de ideias, partidos e formulações na arquitetura (VILQUIN, 2013).

Nesse caso, o ensino da concepção estrutural pode ser dividido em três níveis: conhecimento básico, que se refere às perguntas “o que e como” ele pode ser disposto no processo de projeto; procedimento de aplicação (desenvolvimento de uma habilidade) que se dedica à questão de “quais princípios”; e aplicação criativa (criatividade no projeto, habilidade), que remete à questão “por quê?”. O principal objetivo desse método é fazer com que os estudantes passem de uma visualização mecânica de memorização para um conhecimento criativo de aplicação dos sistemas estruturais (ILKOVIČOVÁ; ILKOVIČ, 2019).

Sob outra perspectiva, a estrutura como um aspecto abstrato é materializada com a construção, mas só a tectônica tem o potencial de fazer ambas legíveis e

artisticamente visíveis, preenchendo-as com expressividade. Três termos dessa temática podem servir de base para uma formação sólida dos estudantes de arquitetura: **materiais, estruturas e tectônica** (SEKLER *apud* MEISTER; RIST-STALDEMANN, 2016). Eles precisam entender que até as formas que parecem estar suspensas devem ter um **caminho de forças** até o solo, através da matéria. Isso também se aplica àquelas mais livres, possíveis em exercícios didáticos de se projetar um pavilhão, que se iniciam com a seguinte pergunta: “de que maneira o edifício que proponho toca o solo?” (AMORIM, 2014, p. 140).

Outro tópico que deve ser mencionado é que os estudantes devem entender a relação muito próxima que conecta o projeto de arquitetura com sua construção: “**as necessidades estruturais não devem distorcer o *design*/projeto de arquitetura**, mas, ao contrário, devem contribuir com o projeto arquitetônico para criar o que pode ser chamado de Arquitetura” (GARAVAGLIA; BASSO; SGAMBI, 2020).

Deste modo, entendendo que projetar é um processo lógico e criativo multidisciplinar, qualquer abordagem não irá acompanhar a ilimitada utilização de diferentes tópicos dentro de projetos atuais, o que faz com que **o método de *brainstorming*** pareça mais adequado e efetivo em gerar um sistema complexo e variado. Antes de qualquer completude ou concretude ser pensada, soluções multidisciplinares são discutidas. Essa abordagem, também chamada de “*emerging design*”, considera um número de variantes que podem surgir a partir da técnica de *brainstorming*, e que são dispensados gradualmente. Uma lista de exigências é definida e aplicada às variantes (SGAMBI; BASSO; CODAZZI, 2013). Outros autores também argumentam que o lado emotivo e intuitivo (artístico) do processo de projeto dentro do ateliê exige uma comunicação mais íntima do que a simples educação sobre os fatos, porque sem essa abordagem ativa e a criatividade, não será possível alcançar bons resultados, e estes dependem da harmonia entre arte e razão. Por isso, o *brainstorming* é muito importante para incentivar os estudantes, assim como para que assumam a responsabilidade de autorreflexão, apresentação e autoavaliação (ILKOVIČ; ILKOVIČOVÁ; ŠPACEK, 2014).

Em se tratando de ensino de Projeto, existe uma discussão sobre em qual momento a estrutura deve ser inserida no ateliê e acredita-se que quanto antes melhor, porque quando se adicionam fatores programáticos, o desenho passa a ser a

Arquitetura (BECKER, 2013). A importância e o impacto da integração do conhecimento estrutural na fase inicial de concepção fazem com que surjam algumas perguntas: “por que usar vigas, arcos, treliças...?” (WHITEHEAD, 2020).

(...) eu acredito que a maioria dos estudantes não conecta atualmente a escolha de um sistema de construção (estrutura, fechado ou outro) com as restrições que cada escolha implica. Para a maior parte, a ideia de que estas restrições (simplesmente o que é possível, mas menos eficiente e otimizada) poderiam mudar ou alterar a forma do projeto, e isso está perto de ser impensável para os estudantes, a não ser que eles tenham sido condicionados logo no início do ateliê a antecipar o que eles irão engajar nesse diálogo. Um dos estudantes questionados tristemente: “Tenha certeza que você entendeu como a estrutura trabalha antes de se apaixonar pelo seu projeto final” (FOXÉ, 2013, p. 192).

É importante entender o desenho como a descoberta dos fatores estruturais no projeto e apresentar as primeiras estratégias de ensino sobre o assunto. Em primeiro lugar, é necessário ter muitas ferramentas à disposição para integrar estes dois campos, principalmente no processo de projeto, e o **desenho** age como uma delas, pois consegue integrar o aspecto geométrico do funcionamento da estrutura com valores estéticos visuais da Arquitetura (MOSSERI, 2019; VILQUIN, 2013). Segundo Deborah Oakley, é uma que prática pode despertar os discentes para o interesse pelas “estruturas arquitetônicas”, uma vez que já sabemos o verdadeiro desafio que é ensinar assuntos mais técnicos aos estudantes de Arquitetura, tentando manter seu engajamento. Desenhar detalhes estruturais de obras existentes os ajuda a manter o foco, também por conta da sua natureza visual e porque nem todos conseguem interpretar esquemas gráficos dos fenômenos estruturais, além da distração causada pela internet, mídias sociais, mensagens e assim por diante. O exercício, chamado de “*Daily Detail*”, trata de esboçar detalhes estruturais e representar as possíveis reações que neles acontecem por meio de setas, o que, posteriormente, deverá ser aplicado às particularidades de cada projeto (OAKLEY, 2019).

Os desenhos ou os croquis, principalmente aqueles utilizados como forma de pensamento e constituição da arquitetura, devem, dentro das tarefas de ensino, dispor, para cada aprendiz, repertórios e **recursos por meio dos quais ele seja capaz de pensar fazendo** (PERRONE, 2018, p. 39).

Já a manipulação de maquetes possibilita o entendimento e a solução de problemas que ainda não foram completamente explorados, conseqüentemente, surgem metodologias que incentivam essa produção no processo criativo, especialmente na expansão da capacidade mental (PINA; BORGES; MARANGONI,

2011). No ensino de arquitetura, o **modelo físico** tem um lugar significativo no conjunto de ferramentas disponíveis para os estudantes, que não se limita à representação, mas a um meio indispensável com **dupla função**: de dar continuidade e ser reflexivo (análise) ou gerar e ser produtivo (síntese) (VRONTISSI, 2015).

Durante os séculos XVIII e XIX, devido à grande transformação das áreas técnicas, os **modelos físicos** foram usados como principal instrumento na educação das Engenharias, especialmente para testes, e começaram a ser mais utilizados na formação dos arquitetos no século XX. Walter Gropius foi um dos precursores desse pensamento com a Bauhaus, porque entendia que eles deveriam ser utilizados para testar e explorar novas ideias de projeto (LARSEN, 2020). Atualmente, a maquetaria é uma das ferramentas que mais favorecem essa área da formação em arquitetura. Este método proporciona maior interatividade e rapidez na compreensão de alguns atributos do projeto que não estavam sendo representados, em especial, particularidades da estrutura. É um jeito de definir características de modo mais rápido, considerando a materialidade dos objetos. Apesar de modelos físicos serem meios menos exatos de medir a força e a rigidez que o cálculo, eles auxiliam a avaliação da estabilidade estrutural e da experiência arquitetônica de modo a gerar uma boa quantidade de *feedback*. São utilizados para exercícios de criação da forma e como jeito de “ver e sentir” como as estruturas funcionam (WHITEHEAD, 2020).

Desta maneira, sua contribuição se mostrou um instrumento de mudança para um paradigma construtivista: um meio de transformar tarefas do curso de Estruturas em atividades práticas, que engajam os estudantes em atividades de solução de problemas e servem como uma experiência tácita e concreta. No processo de projeto, permite desenvolver esquemas, explorar variações e investigar interações (VRONTISSI, 2015). Por isso, a experiência da modelagem física manual ainda é valiosa, por todos os **aspectos sensoriais**, que não deve ser descartada do ateliê de projeto (PANET; LIMA, 2017).

No âmbito da formação do arquiteto, ideia deve acompanhar execução, em graus variados de complexidade, por meio de protótipos, maquetes, mocapes ou detalhes, em quantas dimensões forem possíveis. **A capacidade de criação e de execução deve ser desenvolvida independente dos suportes disponíveis, mas, quanto mais diversos, mais experiências são possibilitadas** (PANET; LIMA, 2017, p. 41).

Seguindo essa linha de pensamento, Amélia Panet e AluÍzia Lima procuraram desenvolver **experiências multissensoriais**, por acreditarem nos valores do processo analógico. Assim, buscaram destacar a **importância da maquete física manual** como meio de formação de habilidades e conhecimentos, pois ela mobiliza vários sentidos humanos através das texturas, cores, formas, proporções, som do corte, cheiro dos materiais etc. Além disso, tem o propósito de apresentar aos estudantes aspectos estruturais que envolvem a modelagem e propostas mais orgânicas de um jeito analógico, mas sem perder sua complexidade formal e, ainda, buscar uma ligação direta da ideia conceitual com sua materialidade (PANET; LIMA, 2017). No meio pedagógico, é uma ferramenta que permite entender a relação entre as fórmulas matemáticas e a realidade física e promove o aprendizado através do manuseio, o que tem sido subestimado em um mundo mais digitalizado (HARFMAN, 2019).

Dentre as publicações que tratam do ensino da concepção estrutural pautado em modelos físicos dentro da didática de projeto de Arquitetura, alguns autores defendem a **ênfase da materialidade e nas estruturas**, como o exemplo da experiência de Ryan e Smith (2007), na qual o emprego do método heurístico e a ideia de que o desenho em escala começa depois dos elementos concretos buscaram **reverter a típica ordem da ideia-planta-objeto**, comum nos ateliês tradicionais. Nesta abordagem, os objetos são primeiro construídos, para depois iniciarem as plantas em escala, técnica que maximiza a prática do aprendizado mão-na-massa através da modelagem (SALAMA, 2015).

Já na *ETH Zurich*, existe uma disciplina intitulada “*Structural Design*”, desde 2008, onde o exercício chamado “*Constructing Equilibrium*” propunha a criação de um Projeto e cuja proposta é alterar a configuração estrutural comum pautada na tipologia, conseqüentemente, incentivar a investigação intuitiva em três dimensões. A primeira etapa visa explorar **conceitos estruturais**, a segunda tem o propósito de **traduzi-los em ideias arquitetônicas** com o objetivo de incluir os estudantes em uma abordagem intuitiva e holística, com espaço e estrutura totalmente integrados. Já a terceira fase, é de materializar a ideia (VRONTISSI *et al.*, 2018). Experiência análoga foi verificada com a maquete chamada de “**modelo esquemático de ossos**” e diagramas espaciais e estruturais (NICHOLS; HOLIDAY, 2011).

Sobre outra perspectiva, na Faculdade de Arquitetura da *Delft University of Technology*, Sophia Vizovitty apresenta o método da dobra. Seguindo o conceito de flexibilidade, o papel é uma superfície tátil, manipulável, retrátil, versátil e flexível e, além de tudo, tem um grande potencial para alcançar estados de equilíbrio e diferentes posições. Com um processo aberto e dinâmico, a dobra é geradora do projeto e seu desenvolvimento tem quatro etapas de transição: *matéria e funções* – para perceber o material e sua capacidade estrutural com respostas intuitivas; *algoritmos* – dobrar e desdobrar para mostrar a qualidade instável, dinâmica e evolutiva do papel numa série infinita, os vestígios deixados pelas dobras formam o mapa do processo e sua documentação se torna um conjunto de instruções; *espaços estruturais e diagramas organizacionais* – as propriedades estruturais adquiridas com a dobradura desvendam os locais de distribuição das compressões e tensões, além de configurar os espaços, mesmo de maneira abstrata, de uma possível construção; *protótipos de arquitetura* – etapa que visa atribuir qualidades arquitetônicas por meio do diagrama, da estrutura e organização como aspectos de matérias, de programa e de contexto (VYZOVITI, 2003).

Seguindo essa linha, a produção de **modelos físicos dinâmicos em escala reduzida e instalações em escala 1:1** são os principais métodos de ensino indicados por Catherine Wetzel. Nenhum cálculo é feito nesse processo, todos os trabalhos são desenhados, diagramados, modelados e testados. Seleciona-se um dos trabalhos e sua montagem ajudará a entender que o projeto não é só uma ideia, mas uma obra construída. Nesse estudo, a autora percebeu que mudar imediatamente de um modelo reduzido para um em grande escala comprometeu o processo de aprendizagem dos estudantes, e a partir daí optou-se por realizar maquetes interativas também das ideias das instalações, antes de sua construção. Todos os modelos são testados até a falha com o propósito de revelar o caminho das forças, os defeitos do *design* e a eficiência dos materiais (WETZEL, 2012).

As questões de que a **construção é em escala 1:1** e influenciada pelo trabalho manual, e que, o termo “tectônica” deriva da palavra “carpinteiro”, são importantes na formação em arquitetura, porque possibilitam o processo de projeto de dentro pra fora, ou seja, a partir da lógica do material. Essa briga entre peso e rigidez gera “expressão” e, por isso, o entendimento do termo “tectônica” deve ser trabalhado via atividade prática (MEISTER; RIST-STALDEMANN, 2016). Outro aspecto é o **caráter lúdico**

desses exercícios, quando os estudantes percebem a obra construída (PERRONE; VARGAS, 2016).

Os seminários de construção 1 pra 1 são uma “oportunidade de ensaiar procedimentos de projeto que permitem a verificação dos aspectos tecnológicos” (SAIZ, 2017). Exemplos dessas atividades foram apresentados por Maria Fernandez Saiz no *Taller de Investigación Estructural – TIDE*, na Universidade Nacional de Córdoba, em que foram produzidas estruturas recíprocas com tubos de papelão (SAIZ, 2017), e na Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), com a construção de acentos dentro da instituição usando o mesmo material (DIAS; FRANÇA, 2017).

Semelhante a Wetzell, o tipo de atividade de **construir modelos e depois testá-los** com os colegas provou ser bastante popular. Os estudantes normalmente se preocupam demais com a falha da estrutura, e trazê-los para uma análise das medidas e dos acontecimentos é um dos modos de chamar sua atenção para as questões estruturais e formais do projeto (LONNMAN, 2006). Esse processo de criação, observação e análise dos testes melhora o entendimento, porque aprimora o pensamento intuitivo dos estudantes. Ao final do curso, o ato de projetar, de comunicar e a aptidão técnica, refletem um conjunto amplo de habilidades em relação à educação em arquitetura como um todo, especialmente na área de estruturas (WHITEHEAD, 2015). Grandes vãos são adequados para essas verificações estruturais, por permitirem diferentes tipos de desmoronamento, pois, uma vez submetidos a cargas muito pesadas, os componentes e conexões sofrem a pressão e quebram. Quando as treliças desviam, curvam, racham ou deformam por causa dos pesos, fica mais fácil para os grupos de estudantes entenderem as fragilidades dos seus projetos e reportarem a experiência em seus relatórios com maior facilidade (WHITEHEAD, 2020). O colapso encoraja a reflexão; o sucesso é normalmente esquecido (SWARTZ, 2006).

Segundo Vrontissi (VRONTISSI, 2015), historicamente, os modelos físicos tiveram algumas perspectivas dentro do ensino de Projeto, as quais estão resumidas na tabela abaixo:

Quadro 1: Tópicos de ensino através de modelos físicos no Projeto de Arquitetura.

<i>Item</i>	<i>Métodos</i>	<i>Características</i>
1	Tradição das humanidades: Visualização e simulação dos comportamentos estruturais	A metáfora: do “ <i>live model</i> ” da Forth Bridge; A analogia: lembrar/ relacionar;
2	O paradigma científico: demonstrar a performance estrutural (atividades ativas que motivam os estudantes – visão construtivista).	O experimento: provar; A composição: descobrir (kit de partes – <i>Mola Model</i> );
3	Modelos em escala: o papel das obras precedentes (tipologias estruturais)	A análise da obra existente: desconstruir; A síntese baseada na obra existente: articular
4	O paradigma construtivista: a abordagem de aprendizado através da brincadeira (práticas de problemas-soluções)	A experiência: gerar; Competição em escala: validar;
5	A tradição da engenharia: realçar ou ajustar parâmetros de design (workshop de construção do projeto – investigar combinações analógicas ou digitais)	O protótipo em escala real (1:1): especular; O <i>mock-up</i> em escala real: informar
6	Estruturas em escala 1:1 (experiência do ciclo completo do processo de projeto)	Competição em escala real: construir; Exploração em escala real: explorar.

Fonte: Elaborado pela autora com base em VRONTISSI (2015).

Em uma **abordagem mais híbrida**, Christiane Herr (*Xi'na Jiaotong Liverpool University*) propõe métodos que iniciam com três exercícios de desenhos: um de prédios existentes, outro destacando detalhes da construção e o terceiro na elaboração da forma do Projeto. Juntos eles permitem uma **progressão do aprendizado da concepção estrutural**, que culmina em uma simples tentativa de vinculação da forma com os elementos de suporte à produção de maquetes de papelão. Nesse processo, percebeu-se que os estudantes se tornaram confiantes em fazer escolhas rápidas nos momentos dos exercícios projetuais dentro do ateliê (HERR, 2013).

Sobre a **mudança de sequência** do ateliê tradicional já comentada por vários autores, confirmou-se que, somada a um maior tempo para tratar os assuntos de estruturas dentro do ateliê, resultou em trabalhos melhores ao final da pesquisa, o que mostrou ter sido uma integração bem sucedida. Essa mudança trazendo modelos físicos para o momento de definição do conceito do projeto também modificou o hábito que os estudantes tinham em pensar posteriormente na estrutura, tratando-a como

algo à parte, e não como um elemento compositivo no processo de projeto (CALLAHAN; SHADRAVAN; LEINNEWBER, 2016).

Sob outro ponto de vista, alguns educadores negam as mudanças que a **computação** traz para as novas gerações, no entanto, elas sempre aparecem com algo mais sofisticado e mostram como conseguiram utilizar determinado *software*, porém, primeiro os estudantes precisam aprender os conceitos estruturais do projeto que ainda permanecem inalterados (AZIZ; BANE; FAHMI, 2007). A partir da ideia de que a concepção estrutural não pode ser decomposta das restrições, objetivos ou parâmetros do edifício, entende-se que o caminho da “caixa branca” (advindo das **ferramentas computacionais**) pode ser mais educativo que a chamada “caixa preta”, derivada apenas da análise do projeto (BLOCK; VAN MELE; RIPPMANN, 2016). Contrariamente, Blenkus e Krusec acreditam que os estudantes precisam ter clareza no momento de concepção, além de consistência, coerência e legibilidade, e que modelos informacionais normalmente escondem e obscurecem tais fatores muito rápido, sem um controle real, devido à quantidade de informações e parâmetros empregados (BLENKUŠ; KRUŠEC, 2019).

As ferramentas digitais empregam um raciocínio intuitivo em uma perspectiva analítica e generativa, que investe em uma cultura visual e gráfica. Por outro lado, os modelos físicos possibilitam uma **interpretação qualitativa e uma consciência do comportamento estrutural**, enquanto que a parte de projeto é normalmente enfatizada em pequenas competições (VRONTISSI *et al.*, 2018). Harfman argumenta que estudantes expostos a uma lógica da estrutura e da construção por meio da modelagem paramétrica detalhada estarão preparados para alcançar um processo lógico que irá aprimorar a integração e a composição dos seus projetos (HARFMAN, 2019).

A interdisciplinaridade entre determinadas disciplinas pode gerar o desenvolvimento de **consciência construtiva** desde os primeiros anos de formação, incentivando a criação de uma estrutura resistente da forma arquitetônica. Cordeiro e Rocha colocam que o **isomorfismo** é o aspecto que determina a tridimensionalidade dos modelos digitais, o “formalmente semelhante”, a característica de similaridade de sua representação com os edifícios. Assim, na atividade proposta, o isomorfismo estava restrito à forma geométrica e ao posicionamento, com aplicação de materiais

de revestimento. A segunda característica buscada foi que os modelos fossem **unívocos**, ou seja, cada elemento ou parte do objeto deve ser representado no modelo virtual (CORDEIRO; ROCHA, 2015).

O **BIM** introduz uma nova maneira de inserção e manipulação das informações, o que favorece o trabalho simultâneo. A mudança metodológica de projeto proposta por essa tecnologia (já comentada no Capítulo 1) parece estar de acordo com os pressupostos contemporâneos de aprendizagem dentro do ateliê, especialmente em se tratando da arquitetura e da estrutura (MENEZES *et al.*, 2017). Ele representa uma oportunidade de fazer uma ligação entre o projeto e sua construção, dois campos que normalmente são ensinados independentes. É um método que leva os estudantes a explorarem as formas e hoje é bem difundido no ensino de arquitetura, no entanto, sua aplicação na área de estruturas e construção parece ser limitada (HARFMAN, 2019). Em um estudo piloto na Escola de Arquitetura de Copenhagen foi realizado um projeto no qual ao final do curso os estudantes puderam “visitar” o edifício através dos óculos de realidade virtual e um *smartphone*, porque o **BIM cria um modelo que permite experimentar o espaço antes de construído** (LARSEN, 2003).

Apesar dessas vantagens, segundo Menezes, vários grupos de pesquisa já identificaram uma possível problemática da redução da potencialidade do BIM a um programa de modelagem 3D, desconsiderando a integração multidisciplinar do projeto. Esse problema se mostra como um reflexo do ensino e das práticas tradicionais, que operam em etapas diferentes (2D e 3D) em contraste com a possibilidade de informações simultâneas (MENEZES *et al.*, 2017). Outra questão é que ele pode apresentar limitações durante o processo de projeto, devido ao pouco conhecimento tanto do *software* como das técnicas de construção em um momento tão inicial do curso (WETZEL, 2012).

Alguns trabalhos mostram a experimentação com modelos físicos e virtuais de modo a produzir propostas interativas dentro de uma disciplina de Projeto: 1- modelos físicos/ modelagem virtual básica com *Sketchup* (CORDEIRO; ROCHA, 2015, 2017); 2- modelos físicos/ através de um *software* de análise estrutural básica chamado “SAP2000” (BLENKUŠ; KRUŠEC, 2019; UIHLEIN; MURRAY, 2015; ÜNAY; ÖZMEN, 2006); 3- modelos de papel (dobra)/ modelos computacionais com o Método de

Elementos Finitos<sup>28</sup> e modelagem paramétrica (DIAS, 2017); 4- modelos físicos e estruturas/ perspectivas axonométricas (GARAVAGLIA; BASSO; SGAMBI, 2020).

Um dos obstáculos em integrar conceitos estruturais dentro do ateliê está no fato de que **muitos professores têm pouca habilidade estrutural**, ou mesmo não acreditam que o ateliê seja local para discutir esses assuntos (BECKER, 2013). O que também acontece é que, em alguns casos, este tema produz reflexos defensivos nos professores, e resultam na supressão da discussão estrutural durante o projeto arquitetônico. Esse medo pode ser superado e entendido por eles como parte técnica e integral do processo de criação, tanto quanto o aspecto artístico (ÜNAY; ÖZMEN, 2006). Sawsan Masri discute a análise de uma disciplina composta por professores de projeto, onde os trabalhos dos estudantes se mostraram estruturalmente limitados, por apenas conterem pilares e vigas em seus desenhos e a identificação do material construtivo, sem, no entanto, desenvolverem uma percepção mais profunda da estrutura ou avançarem comparativamente ao semestre anterior. Nesse caso, é importante considerar que muitas vezes os estudantes não têm suporte das disciplinas de Estruturas para tratar dos aspectos de projeto (MASRI, 2017). Uma solução para este cenário é coordenar as **assessorias estruturais de projeto para que um instrutor de Estruturas** possa discutir estratégias de criação. Isso requer tempo extra de tais docentes, mas pode fornecer um melhor aprendizado para os estudantes (BECKER, 2013).

Tendo isso em mente, Callahan, Shadravan e Leinnewber (2016) citam os principais pontos que interferem numa melhor integração da concepção estrutural no processo de projeto:

Quadro 2: Pontos identificados na experiência de ensino da Politécnica de Milão.

<i>Tema</i>	<i>Estratégia</i>	<i>Resultado</i>
<i>O impacto da introdução precoce do cálculo estrutural e/ou seus princípios</i>	Inicialmente exigidos desenhos e modelos físicos. Pré-dimensionamento utilizando o livro de Edward Allen: <i>The Architect's Studio Companion</i> .	A introdução dos conceitos estruturais não atrapalhou a criatividade. Os projetos se mostraram mais realistas e condizentes com os materiais. Ressaltou a importância de visualização de projetos existentes.

<sup>28</sup> Modelagem de um número infinito de formas variáveis fundamentada em uma quantidade finita de elementos (pontos e linhas) que constituem uma malha (TEDESCHI, 2014).

O valor de viagens de estudos	Visitar obras construídas.	A visita se mostrou mais favorável a compreensão dos projetos do que imagens. Porém, existe a necessidade de atentar para as questões estruturais, porque os estudantes costumam focar nos aspectos do entorno e de fachada.
Importância de modelos físicos estruturais	Produção de modelos estruturais durante o processo de projeto	A estrutura normalmente é pensada ao final do processo. Os modelos se mostraram ferramentas visuais que auxiliaram os estudantes em uma oportunidade de busca de soluções estéticas: luz, textura, ritmo, clareza conceitual e articulação. Análise dos modelos físicos teve um efeito positivo na aprendizagem.  Motivou os estudantes por ser uma atividade criar-fazer.
A significância da consultoria de professores de arquitetura e de estruturas	Colaboração entre os professores dentro do currículo	Redução da carga de trabalho para os estudantes devido a integração das disciplinas, dando mais tempo para os estudantes entenderem e aplicarem os conceitos estruturais em seus projetos. A consulta com o professor de estruturas deu confiança na concepção estrutural e nas respostas durante a apresentação dos trabalhos.

Fonte: Elaborado pela autora com base em CALLAHAN; SHADRAVAN; LEINNEBER (2016).

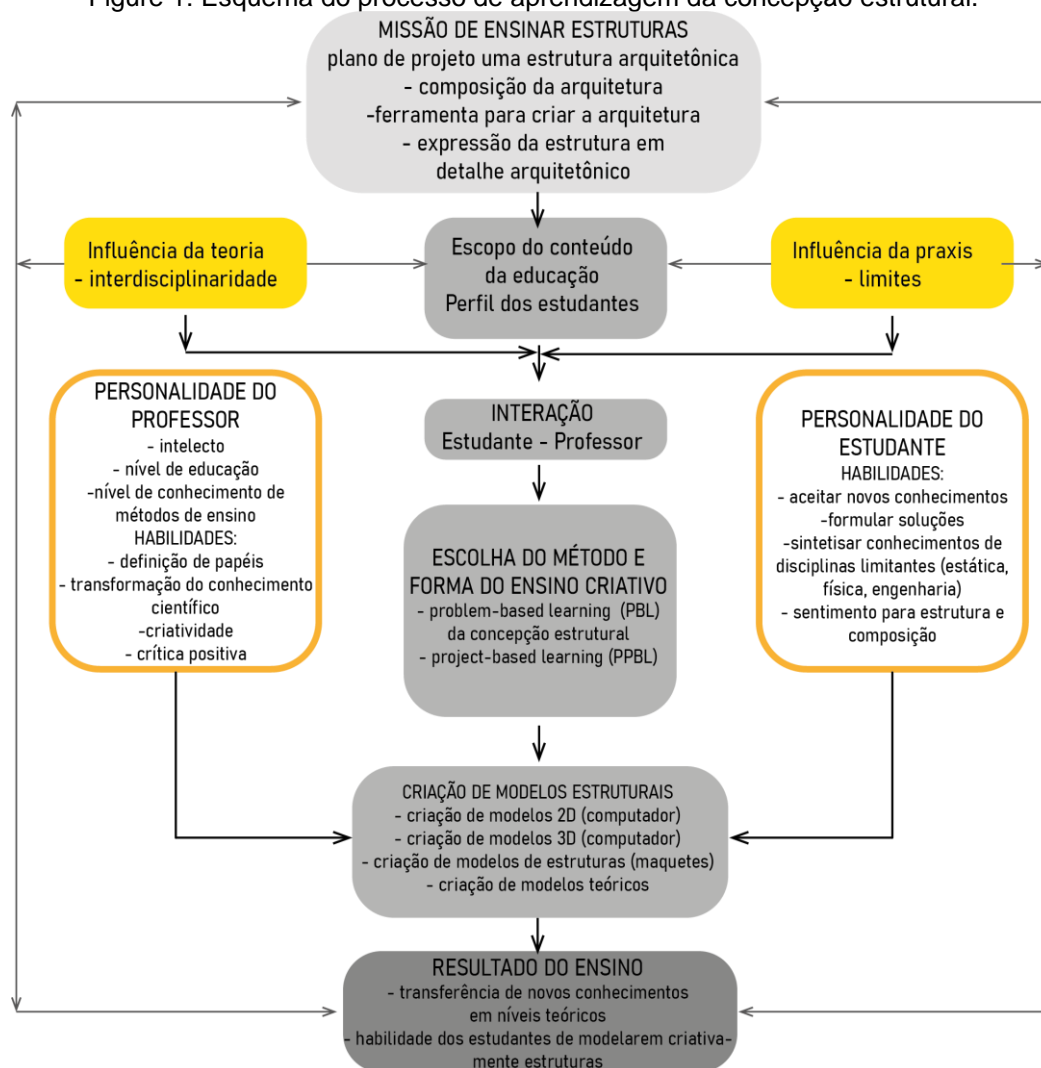
Em contrapartida, já se viu que, ao falhar em ativar características intrínsecas da educação dita de Arquitetura, como escopo de síntese, pergunta aberta, raciocínio adutivo, métodos heurísticos, construções conceituais, meios visuais e práticas de modelagem, o eixo de Estruturas perde a oportunidade de uma maior interação com a cultura do projeto, que pode ser benéfico para os dois lados (VRONTISSI *et al.*, 2018). A recomendação é que as disciplinas paralelas às de projeto estejam interligadas, em especial, àquelas de estruturas e conteúdos técnicos, de modo a melhorar a concepção holística do projeto. Cultivar esse interesse nos assuntos tecnológicos e estruturais pode contribuir para uma variedade de inspirações e gerar soluções de projeto criativas (MASRI, 2017).

Segundo Kathrina Simonen, o projeto é mais bem integrado com o ensino de estruturas quando esse também é baseado em exercícios projetuais. O pensamento de projeto é uma combinação de questões convergentes (apenas uma resposta correta) com divergentes (testes de conceitos) (SIMONEN, 2014). Os problemas sobre a integração da estrutura no ateliê também devem ser tratados nas disciplinas de Estruturas, para que o professor de projeto divida tal responsabilidade (AZIZ;

BANE; FAHMI, 2007). Nesse caso, mais uma vez o **PPBL** é apontado como principal forma de ensino da estrutura, por envolver uma atividade criativa desde o início do pensamento de projeto (ILKOVIČ; ILKOVIČOVÁ; ŠPACEK, 2014).

Nos últimos anos a discussão da **interdisciplinaridade**<sup>29</sup> ganhou força com o advento da modelagem paramétrica e a fabricação de novas tecnologias no meio da construção civil, inevitavelmente trazendo desafios para a profissão e para o meio acadêmico, resultando em muitos eventos da área, que impulsionaram trabalhos interdisciplinares (VRONTISSI *et al.*, 2018). Sobre esse assunto, outros autores defendem a **multidisciplinaridade** como caminho para uma integração nas fases de produção de projeto nas Escolas de Arquitetura (MOSSERI, 2019).

Figure 1: Esquema do processo de aprendizagem da concepção estrutural.



Fonte: ILKOVIČ; ILKOVIČOVÁ; ŠPACEK, 2014.

<sup>29</sup> É preciso entender primeiro como as interações entre as disciplinas do curso podem acontecer e qual sua interferência no papel e modo de aprendizado dos estudantes. Para isso, utilizaremos o quadro resumo apresentado por Sawsan Masri (2017) nos Anexos.

Nos últimos 10 anos, Katrina Simonen tem pesquisado na *University of Washington*, na *California College of Arts*, opções de integração entre arquitetura e estrutura, dentre as quais ela aponta três opções: teste de performance de sistemas grandes vãos; demonstração da interação entre planejamento arquitetônico e estrutural; e, por último, integração dentro do ateliê de projeto, que foi traduzida em três exercícios (SIMONEN, 2014).

Exemplificando a integração entre disciplinas de Estruturas e de Projeto Arquitetônico no Brasil, temos o caso das experiências dentro da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), já publicado em um pequeno número de artigos (MODLER; MACIEL; LAURETT, 2017). Os métodos de experimentação são norteados por maquetes estruturais qualitativas. Para os autores, é imprescindível a classificação dos Sistemas Estruturais de Heino Engel (1993), porque facilita a dinâmica pedagógica do componente curricular (MACIEL; SOUZA; MODLER, 2015).

Outro exemplo, agora internacional, dentro da *California Polytechnic State University* que é um dos maiores programas de Arquitetura dos Estados Unidos, com aproximadamente 850 discentes no total, dos quais 180 estão no terceiro ano com 10 professores, momento em que foi planejada a integração. Um **professor de estrutura da disciplina do mesmo semestre foi convidado para participar do ateliê**. Os nove grupos foram divididos em três subtemas tipológicos, e essa divisão em subgrupos forneceu um esquema eficiente para o professor de estruturas dar início às assessorias, que duravam em média 1h a cada semana, e tinham como objetivo a crítica dos projetos (FOWLER; RIHAL, 2019). Assim, foram definidas quais seriam as etapas e trabalhos da participação do professor de estruturas dentro do ateliê:

Quadro 3: Cronograma e tarefas de Estruturas dentro do Ateliê de Projeto.

	<i>Cronograma</i>	<i>Atividades</i>
1	Estudo de precedentes de sistemas estruturais: 2 semanas/ 2 atividades	Produção de um modelo físico do sistema estrutural – 1 – análise dos caminhos de cargas gravitacionais/ laterais; 2- análise da integração com o projeto arquitetônico;
2	Pesquisa/seleção de Sistemas Estruturais para o Projeto 1 semana/ 1 atividade	Aplicação das lições aprendidas da análise de estudos anteriores e pesquisa de sistemas adequados ao projeto;
3	Prototipagem/teste de Sistema Estrutural 2 semanas / 1 atividade	Utilização de modelos físicos de várias escalas complementados por modelagem digital;

4	Integração Final	Estrutural	4 semanas/ 1 atividade	1	Esquema do Esqueleto Estrutural – refinamento da ideia estrutural e arquitetônica para melhorar a conexão entre o tema inspirado na natureza;
5	Detalhe inspirado no tema		1 semana/ 1 atividade	1	Desenvolvimento de um detalhe que melhor resume o trabalho de integração estrutural / arquitetônica, e reflexão sobre o processo de projeto

Fonte: Elaborado pela autora baseado em FOWLER; RIHAL, 2019.

Outras experiências de colaboração de disciplinas de Projeto com Estruturas foram descritas por outros professores, cada uma com um determinado planejamento, vantagens e desafios comentados (BLENKUŠ; KRUŠEC, 2019; UIHLEIN; MURRAY, 2015).

Além dos pontos citados acima, uma adequação estrutural dentro do projeto deve se tornar um aspecto fundamental da **avaliação dos trabalhos** dentro do ateliê (ÜNAY; ÖZMEN, 2006). Elçin Tezel e Hernan Cazakin (2010) examinaram duas diferentes condições de projeto com 90 estudantes, em que quatro critérios de avaliação foram utilizados: 1 – desenvolvimento conceitos e o conceito principal que guiou o processo de projeto; 2 – configuração do espaço e da forma, relacionados ao controle da geometria e volume; 3- inovação estrutural, que envolve os materiais e técnicas utilizados para projetar estruturas inovadoras e compatíveis com os aspectos físicos do produto e a utilização dos usuários; 4- habilidade de precisão na construção e consistência da técnica construtiva (SALAMA, 2015).

É importante observar, como em alguns casos apontados acima, que ao reverter a ordem das convencionais operações do modelo tradicional, os discentes puderam entender e reconhecer que construir o edifício é tão importante quanto ter uma ideia ou um conceito. O ato de fazer oferece oportunidade de compreensão das relações potenciais e proporcionar soluções surpreendentes para criar e usar o espaço, o que de outra forma não teria sido considerado se o projeto tivesse começado com uma série de diagramas que delineariam a ideia conceitual. Iniciando o projeto com base em uma perspectiva estrutural de como algo é feito, através da análise dessa estrutura, do seu material e suas conexões, os estudantes são estimulados a começar a pensar sobre as questões da física desde o início do projeto (SALAMA, 2015).

Entende-se que é impossível que todos os estudantes sejam excelentes em todas as atividades de projeto no mesmo nível, no entanto, espera-se maestria do

professor de modo a ajudá-los a desenvolverem as habilidades necessárias (ILKOVIČ; ILKOVIČOVÁ; ŠPACEK, 2014). Porém, existem poucos professores de Arquitetura especializados nas questões projetuais de estruturas (MOSSERI, 2019), por isso, alguns autores acreditam na eficácia da integração da estrutura com o auxílio de um professor de Estruturas dentro do ateliê (BECKER, 2013).

Devido à complexidade das estruturas contemporâneas, não se pode esperar que tanto estudantes quanto profissionais sejam mestres nesse tópico; em vez disso, que usem essa *expertise* para o *design*, porque sua principal habilidade é intuir, visualizar, modelar e sintetizar. A identificação das forças, os padrões gradientes de tensão, a proporção dos elementos e a modelagem dinâmica são técnicas que podem traduzir a performance estrutural diretamente em decisões de projeto (WETZEL, 2012). No ensino do *form-finding* estrutural, as práticas de produção de modelos físicos ou simulações são sugeridas com o propósito de engajar os estudantes (KHODADADI, 2015).

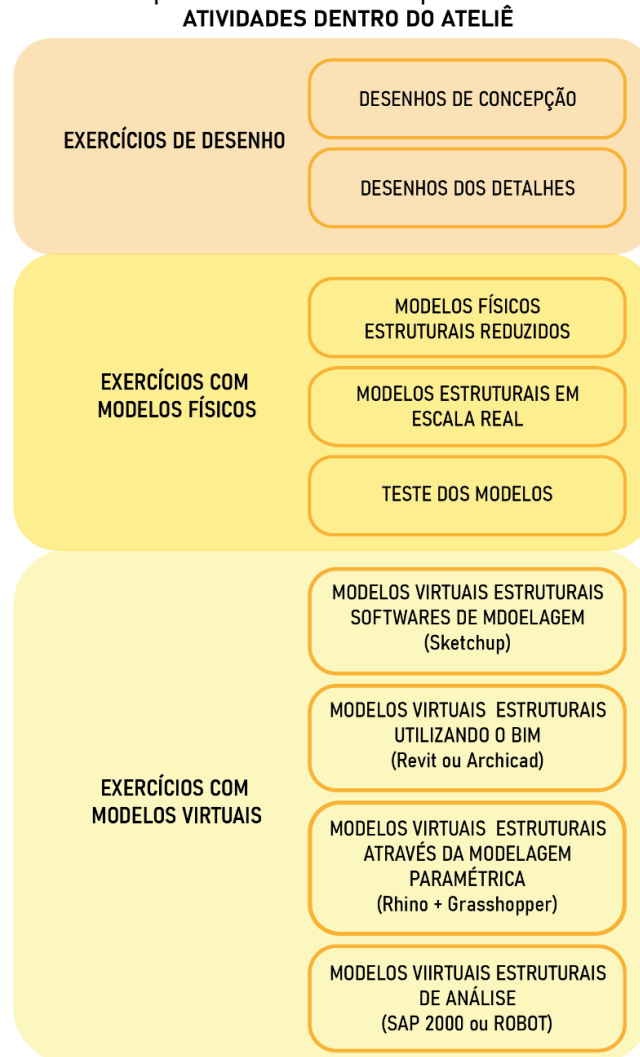
Em resumo, as principais estratégias do ensino da concepção estrutural vinculadas ao ateliê de projeto foram: exercícios de desenho relacionados às estruturas, produção de modelos físicos reduzidos e em escala real, utilização de modelos computacionais de análise estrutural básica e abordagens híbridas. Além disso, métodos com a participação de professores da área ou de integração de disciplinas.

É importante observar que, como comentado por muitos autores, nos exemplos de colaboração entre disciplinas e participação de docentes externos, existiu um comprometimento e disposição por parte das pessoas envolvidas, assim como uma maior compreensão das dificuldades enfrentadas, como diferentes cargas horárias ou momentos de atuação. Além disso, percebeu-se que estas experiências trouxeram um maior volume de trabalho e este talvez seja um dos maiores desafios para os professores. No entanto, também foram observados resultados positivos em quase todas as atividades propostas, não só em relação aos trabalhos finais de cada estudante, mas no seu interesse e entusiasmo.

Por fim, a mudança de paradigma desse receio dos estudantes em relação a Estruturas deve partir de iniciativas do corpo docente. Sabe-se que o ensino depende de uma troca, especialmente na prática de projeto, e a concepção estrutural sendo

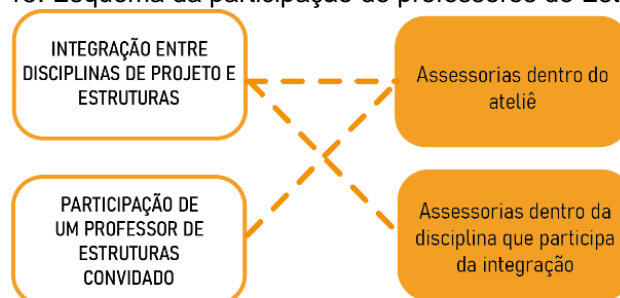
um elemento essencial na arquitetura também exige um aprendizado prático reflexivo, logo, propõe-se que seja tratada como tal. Isso talvez ajude os discentes a entenderem melhor o pensamento estrutural como um projeto que envolve não só a técnica e o cálculo, mas especialmente a criatividade, que precisa estar em concordância com o aspecto espacial e funcional da Arquitetura.

Figura 14: Esquema síntese dos tipos de atividades de aprendizado ativo da concepção estrutural.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 15: Esquema da participação de professores de Estruturas.



Fonte: Elaborado pela autora.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E DEFINIÇÃO DO UNIVERSO DA PESQUISA

Este capítulo tem como objetivo explicar como se deu a definição do Universo da Pesquisa e apresentar os Procedimentos Metodológicos. Lembrando as questões principais da tese: Como está sendo ensinada a concepção estrutural nos ateliês de Projeto de Arquitetura no Brasil? E de que maneira ela pode ser favorecida? Para responder estas perguntas, optamos por estudar, inicialmente, disciplinas de Projeto, uma como estudo piloto, nesta mesma instituição, e outra selecionada conforme Análise dos Currículos no próximo item. Em seguida, de acordo com a identificação das estratégias de ensino apresentadas no Capítulo 2, foram realizadas duas Oficinas em eventos acadêmicos, as quais tiveram o intuito de encontrar respostas para a segunda pergunta.

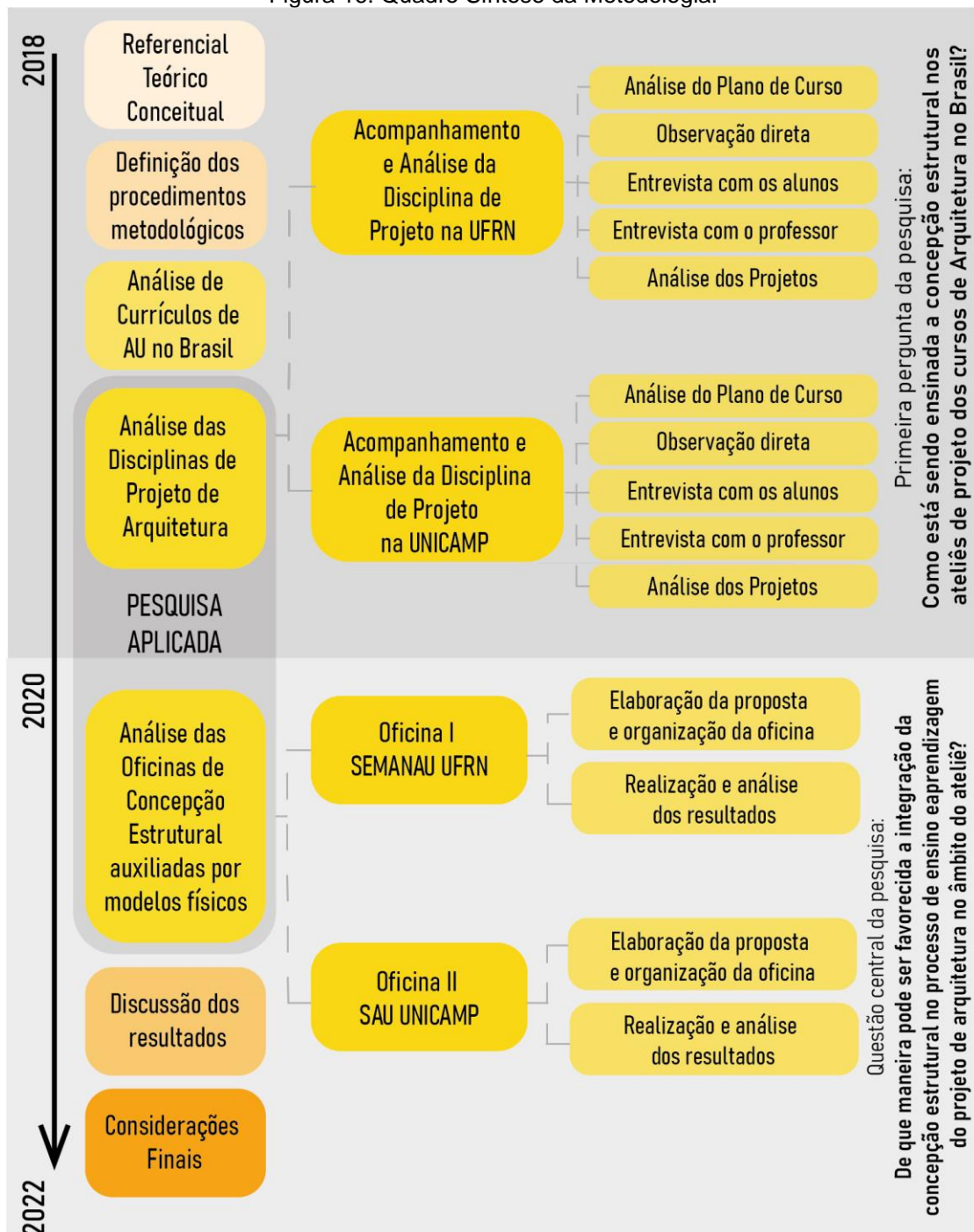
Como explicado anteriormente, o **objeto de estudo** da tese focaliza a integração e a didática da concepção estrutural no âmbito do ensino de Projeto de Arquitetura em Instituições de Ensino Superior (IES) no Brasil. Sendo assim, esta tese trata de uma pesquisa exploratória de **abordagem qualitativa** com uma coleta de dados indutiva, que visa construir conceitos, pressuposições ou teorias a partir da identificação de padrões recorrentes, temas gerais e categorias (GODOY, 2005). Os procedimentos de investigação serão **observacionais** (Análise das Disciplinas) e **experimental** (Análise das Oficinas). Os dois são semelhantes e diferem apenas porque, no segundo, o pesquisador toma providências para que algo ocorra, a fim de observar o que se segue, enquanto que no primeiro apenas constata o que acontece (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Dentre os métodos qualitativos, os **Estudos de Caso** são os mais utilizados no campo da Arquitetura e Urbanismo, porque procuram mostrar como um exemplar é formado, como evolui e se desenvolve, além de utilizar outras informações para atingir os objetivos da pesquisa, como é o caso desta tese (SERRA, 2006). Tanto as disciplinas analisadas quanto as Oficinas são Estudos de Caso de experiências de aprendizado da concepção estrutural vinculada à criação do espaço.

Segundo Geraldo Serra (2006), uma **abordagem sistêmica** vai do objetivo principal somado às bases teóricas e empíricas, passando por dados secundários

para dados preliminares, depois, traçando um quadro atual de tendências e formulação de alternativas, avaliação e, por fim, as conclusões. Confrontando essa sequência com a tese temos a Análise de Currículos dos cursos de AU no Brasil como dados secundários, acompanhamento das disciplinas como dados preliminares, realização das oficinas como formulação de alternativas e avaliação. Neste caso, segue o Quadro Síntese da Metodologia:

Figura 16: Quadro Síntese da Metodologia.



Fonte: Autoria própria.

Dentro do estudo das disciplinas de projeto, o método de **observação**, neste caso, foi estruturado conforme procedimentos apresentados no item 3.2 deste capítulo. Essa organização, segundo Prodanov e Freitas (PRODANOV; FREITAS, 2013) tem uma grande importância na obtenção das informações nesta etapa, da mesma forma que auxilia o pesquisador a seguir no caminho do objetivo desejado. Logo, após esta etapa, para uma melhor compreensão e confirmação de alguns aspectos da pesquisa, também foram planejadas **entrevistas** com os docentes e estudantes, além da **análise dos projetos** desenvolvidos. E nas Oficinas, os procedimentos de observação e análise dos projetos também foram realizados.

Para verificar qualitativamente se as atividades realizadas traziam melhorias para o ensino e a aprendizagem da concepção estrutural, optou-se pelo seu acompanhamento direto, levando em consideração o Roteiro de Análise das Disciplinas, que visou identificar quais foram suas bases teóricas, quais restrições foram impostas pelos docentes, momentos de definição da estrutura, interação entre professor e estudante, dentre outros aspectos. Tais tópicos levaram em conta as observações realizadas por Donald Schön (2000) e alguns pontos levantados por Bryan Lawson (2011) a respeito das restrições e princípios condutores no momento de concepção do projeto.

É importante salientar que durante o acompanhamento das Disciplinas de Projeto, a pesquisadora apenas observou e não interferiu nas atividades de concepção arquitetônica e estrutural realizadas no semestre letivo. Já nas Oficinas, houve a atuação da pesquisadora e dos membros de apoio das Semanas da Arquitetura, que auxiliaram os estudantes no desenvolvimento da ideia e da fabricação do modelo físico.

Vale ressaltar, também, a **aprovação da pesquisa no Comitê de Ética das duas instituições**, na UFRN como centro coordenador da pesquisa e na UNICAMP como centro coparticipante (Anexos I e II).

Em resumo, a pesquisa pode ser dividida em 5 etapas: 1- compreensão do problema; 2- levantamento de padrões didáticos; 3- investigação empírica dentro do ateliê; 4- produção de propostas e testes de estratégias de ensino em oficinas; e 5- reflexões sobre os resultados e validação dos métodos propostos com base no que

indica a literatura especializada. Assim, temos uma sequência: **compreensão, verificação, proposição, avaliação e confirmação.**

Sendo assim, a primeira ação empreendida foi selecionar as duas IES a partir da Análise dos Currículos dos cursos e AU no Brasil. Nela, foram avaliados o Projeto Político Pedagógico, a Infraestrutura e as Pesquisas na área da concepção estrutural. A seleção das instituições estudadas foi feita a partir das características do CAU, levando em consideração a tradição do ensino de tecnologias e de estruturas, devido à sua origem em Escolas de Engenharia e de trabalhos acadêmicos dos docentes sobre o tema, que veremos a seguir.

### **3.1 Definição das disciplinas a serem estudadas: Análise de currículos de AU no Brasil**

Com o objetivo de entender melhor as estruturas curriculares do curso de Arquitetura e Urbanismo no Brasil e ainda com a finalidade de selecionar duas delas para avaliação do ensino da concepção estrutural no processo de projeto arquitetônico foi realizada uma análise de **6 IES públicas** a partir dos Projetos Políticos Pedagógicos (PPP)<sup>30</sup> e Ementário, além da identificação de outros recursos, a exemplo da infraestrutura física do curso e da existência de grupos e linhas de pesquisa na área estudada. Buscou-se, inicialmente, traçar e compreender o perfil de cada instituição e, em seguida, apresentar quais delas proporcionam ao estudante uma formação que atente para os sistemas estruturais e, conseqüentemente, para a concepção estrutural.

Os currículos analisados foram selecionados com base em critérios pré-estabelecidos. Em primeiro lugar, observamos que algumas das estruturas curriculares nasceram dentro de centros de tecnologia ou nas escolas de engenharia; assim, acredita-se que haveria uma maior influência das disciplinas de Estruturas dentro do curso de Arquitetura e, conseqüentemente, uma provável maior integração destes componentes curriculares com os de Projeto de Arquitetura. Em segundo, consideramos cursos que tradicionalmente são referências no ensino de tecnologia e estruturas ou estão dentro do grupo de universidades e instituições que tiveram

---

<sup>30</sup> Ou Projetos Pedagógicos do Curso (PPC).

influência de professores e pesquisadores fortemente envolvidos nesta área, por exemplo, Aldopho Polillo na UFRJ, Aluísio Fontana Margarido, Mário Franco e Siegbert Zanettini na FAU-USP (SARAMAGO, 2011) e Hélio Costa Lima na UFPB (COSTA LIMA, HÉLIO; ROCHA, 2005).

Desta maneira, procurou-se identificar qual curso seria mais indicado para realização da Pesquisa Aplicada, considerando que este pudesse proporcionar algumas metodologias de ensino que promovessem a integração da estrutura com a arquitetura no ateliê de projeto. Ressalta-se que o CAU/UFRN, surgido dentro da escola de engenharia dessa instituição, foi inserido no trabalho como experimento piloto da pesquisa, para fins de teste de instrumentos.

### **3.1.1 Apresentação das instituições**

A seguir serão apresentados um breve histórico de cada currículo analisado, algumas considerações sobre o seu PPP e o Ementário, do ponto de vista do tema estudado.

#### **3.1.1.1 Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (FEC/UNICAMP)**

O curso de Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP começou a ser planejado em 1986 vinculado à Faculdade de Engenharia Civil, sendo aprovado pelo conselho da universidade em 1997 e tendo início das atividades em 1999. O Projeto Político Pedagógico do curso da FEC/UNICAMP reconhece o Projeto de Arquitetura como matéria de excelência e que o exercício de projeto precisa de um ambiente de raciocínio lógico, metodologia e técnica de comunicação eficazes. Assume o papel da Faculdade de Engenharia Civil como responsável pela inserção do conhecimento tecnológico e das ciências exatas, visando o ensino de uma “Arquitetura racional, moderna e construtivamente viável”, o que ocorre devido ao local de origem do curso. Está entre os objetivos do curso uma “sólida formação na racionalidade estrutural de edificações e de cálculo estrutural” e ainda em tecnologia da construção e no gerenciamento de projetos. Entende a importância de um laboratório de maquetes e a integração dos conteúdos. O curso é organizado em três principais núcleos: Conhecimentos e Fundamentação, Conhecimentos Profissionais e Trabalho Final de Graduação. Já as disciplinas de Ateliê são divididas a partir de Temas (PPP-UNICAMP, 2006).

Na matriz curricular, as disciplinas de “Teoria e Projeto” estão presentes nos dez primeiros semestres e são apresentadas como um ambiente de investigação e aplicação da síntese de conhecimentos, os quais devem ser apreendidos gradualmente e de maneira integrada, considerando a complexidade do projeto arquitetônico e urbanístico (PPP-UNICAMP, 2006). O curso apresenta características de uma formação fundamentada na tecnologia, principalmente, devido ao Laboratório de Automação e Prototipagem Rápida de Arquitetura e Construção (LAPAC) e a possibilidade de dupla formação em Arquitetura e Engenharia. Logo, de acordo com os dados coletados e o perfil estabelecido, percebe-se que esse curso se insere dentre os de interesse para nossa pesquisa.

### **3.1.1.2 Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU – USP)**

Criada dentro da Escola Politécnica da USP, a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP) surgiu em 1948. O curso, no entanto, foi baseado no modelo pedagógico da Escola de Belas Artes, o qual conviveu com a matriz politécnica durante a primeira década de sua existência. A partir de 1980, com a consolidação da pesquisa e da pós-graduação, os modelos de formação e as ferramentas teóricas do curso foram renovados (FAU-USP, 2018).

É possível perceber no seu Projeto Político Pedagógico a forte ênfase da “formação humanista” do curso de Arquitetura e Urbanismo. A valorização dos processos pedagógicos, experimentais e exploratórios, de natureza colaborativa e integrativa dos conhecimentos acadêmicos ou não, assim como os de contextos de interesse social, está indicada como pressuposto principal do PPP (2013). As disciplinas obrigatórias e optativas são divididas em três Departamentos: História, Projeto e Tecnologia. Dentre elas, é importante ressaltar a disciplina optativa de “Estrutura no projeto do edifício”, do departamento de Projeto, que visa estudar as características dos sistemas estruturais, ressaltando a qualidade do material, os processos construtivos e sua consequência na linguagem da arquitetura (PPP-USP, 2013).

Tendo a FAU-USP um dos cursos de maior importância no cenário brasileiro, apesar de ter iniciado suas atividades na Escola de Belas Artes, possui uma formação tecnológica sólida e teve em seu histórico alguns professores influentes no campo do ensino de estruturas, o que pode ser positivo para esta pesquisa.

### **3.1.1.3 Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos (IAU-USP)**

O curso teve início em 1985 e passou por uma reestruturação curricular em 1996, a qual possibilitou mudanças na carga horária e na abordagem das quatro áreas de ensino: Tecnologia, Representação e Linguagem, Teoria e História e Projeto. Em 14 de dezembro de 2010, com a criação do IAU, o CAU passou a pertencer ao Instituto, que está localizado em um espaço físico exclusivo, e conta com o Departamento de Estruturas, Geotecnia, Hidráulica e Saneamento de Transportes (IAU-USP, 2018). O PPP está datado de 1996, porém está em discussão a Reforma Curricular e já se tem uma proposta do ano de 2016. No site do curso estão disponíveis todos os vídeos de discussão desta futura renovação. Nele, se esclarece que o curso de Arquitetura e Urbanismo exige um estudante familiarizado com os conhecimentos básicos de física e matemática, mas também com as questões da contemporaneidade e da concepção do espaço.

Na disposição curricular são apontados cinco insumos: obrigatórios, pontuais, optativos, de pesquisa e de estágio. Entende-se que a interdisciplinaridade deve ocorrer entre as disciplinas e não entre campos de conhecimentos. Dentre eles, os Sistemas Estruturais são apontados como competências e habilidades do domínio da concepção estrutural de um projeto, além do conhecimento adequado dos sistemas estruturais e da estabilidade das construções. No subitem “Projeto”, determina-se a capacidade de conceber e desenvolver projetos urbanos, de arquitetura e paisagismo que considerem devidamente aspectos físicos e tecnológicos: dos sistemas estruturais e construtivos, ambos classificados como “Essenciais” (PPP-IAUUSP, 1996). Assim sendo, o perfil curricular do curso e de alguns de seus professores (como por exemplo, o Prof. João Marcos de Almeida Lopes e a Prof. Akemi Ino), com reconhecida atuação e publicações na área, também se enquadram nos critérios de inclusão na pesquisa.

### **3.1.1.4 Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU/UFRJ)**

Iniciou suas atividades em 1826 e separou-se da Escola de Belas Artes (EBA) em 1931. Em 1937 foi fundada a Escola Nacional de Arquitetura, que em 1945 trocou o primeiro nome por Faculdade e em 1957 mudou-se para o prédio próprio (FNA). Foi verificado que nas reformas curriculares dos anos 1990 foram alterados os nomes de

disciplinas e cargas horárias ao sabor dos prestígios das pessoas. Assim, surgiu a necessidade da Comissão de Reforma da Estrutura Curricular a partir de 1996, quando foi constatado um número excessivo de disciplinas, agravado pela fragmentação e falta de integração entre conteúdos, o que foi denominado de “currículo oculto” (FAU-UFRJ, 2006).

Um dos seus objetivos é associar a qualidade tecnológica à formação humanista. De acordo com o PPP, a carga horária das disciplinas obrigatórias deve se concentrar nos quatro primeiros períodos do curso, para dar possibilidade de os estudantes cursarem mais disciplinas eletivas. O curso está dividido em três ciclos – Fundamentação, Aprofundamento e Síntese, e tem quatro eixos temáticos: Discussão, Concepção, Representação e Construção. A proposta pedagógica está apoiada no conceito de “arquiteto generalista” e considera a interdisciplinaridade entre os eixos temáticos (PPP-UFRJ, 2006).

No início do curso, existe um componente curricular chamado “Modelagem dos Sistemas Estruturais”, que propõe, no 4º período, o Primeiro Trabalho Integrado, onde se encontra a disciplina de “Concepção Estrutural”, que estuda as tipologias das estruturas, o partido do sistema estrutural, a estimativa de carregamentos dos elementos estruturais e pré-dimensionamento, o comportamento dos materiais e sua aplicabilidade e verificação de segurança. Além disso, conta com as disciplinas de “Estruturas em Concreto Armado I e II”, “Estruturas de Aço e Madeira” e “Sistemas Estruturais” ao longo do curso (PPP-UFRJ, 2006).

A FAU/UFRJ, apesar de não ter nascido numa Escola de Engenharia, tem características de contribuições de diversos professores na sua história (por exemplo, Adolpho Polillo), na área do ensino de Estruturas e sua integração com as demais disciplinas, o que resultou em sua análise para possível estudo de caso desta pesquisa.

### **3.1.1.5 Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (CAU/UFRN)**

O curso foi criado no ano de 1973 a partir da Resolução CONSUNI 58/73, tendo sido desmembrado do curso de Engenharia em maio de 1977, momento em que passou a ser ministrado no Centro de Tecnologia. Atualmente ocorre um processo

de Reestruturação Curricular com a atualização do PPP, que visa uma melhor integração das disciplinas e implantação do Projeto Integrado (PPP-UFRN, 2006).

De acordo com o PPP corrente (A5), a atual estrutura curricular do CAU/UFRN organiza as disciplinas e conteúdos em cinco grandes áreas de estudo, estabelecendo também enfoques para cada período. São elas: Representação e Linguagem, Projeto, Estudos Urbanos e Regionais, História e Teoria da Arquitetura e do Urbanismo e Tecnologia. Além disso, as disciplinas também são divididas em dois núcleos: o primeiro, denominado de Fundamentação, do qual fazem parte os componentes curriculares de Estética, História, Estudos sociais e econômicos, Estudos Ambientais, Desenho e Meios de Representação e Expressão; o segundo é o de Conhecimentos Profissionais, onde se encontram as disciplinas de Teoria e História da Arquitetura, Planejamento Urbano e Regional, Paisagismo, Conforto Ambiental e Estruturas, entre outros. Dentre as obrigatórias, na área de Tecnologia, encontram-se as disciplinas de Fundamentos das Estruturas (01 e 02) e Estruturas (01 e 02), além da de Tecnologia da Construção (01 e 02) (PPP-UFRN, 2006).

É importante entender o perfil e histórico do CAU/UFRN, portanto, a disciplina de Projeto de Arquitetura 4 do curso participou da pesquisa como Estudo Piloto (ver Tabela 4).

#### **3.1.1.6 Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba (CAU/UFPB)**

O CAU da UFPB foi criado no ano de 1974, como parte do curso de Engenharia Civil no Centro de Tecnologia. A partir de 1976, surgiu a primeira proposta de uma reforma curricular que tinha também a intenção de criar um curso independente de Arquitetura e Urbanismo. Os debates que culminaram no atual currículo tiveram início em 2008 e terminaram em 2010, com a submissão e a aprovação pelo Conselho do Centro de Tecnologia e Pró-reitora de Graduação da UFPB (DAU-UFPB, 2018).

A matriz curricular atual está organizada cronologicamente em dois núcleos: Fundamentação e Profissional. O curso está dividido em três eixos, que são Teoria e História da Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo e Projeto e Representação Gráfica. Cada um desses eixos define os conteúdos necessários para a formação do arquiteto e urbanista e são complementados pelo Estágio Supervisionado e Conteúdos complementares (PPP-UFPB, 2012). Essa IES

tem não só um histórico de origem em uma Escola de Engenharia, mas também professores que influenciaram no ensino de Estruturas, em especial, o Prof. Hélio Costa Lima e a Prof. Germana Rocha, logo, se enquadra como possível local de pesquisa.

### **3.1.2 Análise Geral dos Currículos e Resultado da escolha das IES**

Analisando os cursos, pôde-se perceber que a maioria deles tem em seu Ementário uma disciplina de Projeto com a Estrutura como foco, ou ainda, que na proposta do Ateliê Integrado, um dos componentes curriculares esteja engajado com esse tema. No entanto, a maior parte não especifica na Ementa qual o tipo de projeto a ser desenvolvido no período. Outro ponto percebido na comparação dos currículos dos cursos analisados foi que a maioria não menciona a Estrutura como algo essencial na formação do arquiteto, apenas o da UNICAMP. Verificou-se também que, em alguns deles, não há uma organização da integração dos componentes de Sistemas Estruturais, ou seja, quais disciplinas de Projeto possivelmente poderiam ter esse vínculo.

Na tabela abaixo, encontra-se o Quadro resumo dos cursos selecionados, onde são apresentadas algumas características além das dispostas no PPP de cada um deles. Nele consta se a IES dispõe de espaços de Laboratórios, tanto para modelos e maquetes, quanto para estruturas ou Canteiros Experimentais. Na penúltima coluna, estão indicadas as Disciplinas de Projeto de Arquitetura que se destacaram pela inserção da concepção estrutural em suas Ementas.

Comparativamente, quase todas as IES contam com Laboratórios de Modelos e Maquetes, no entanto, quatro delas dispõem de Laboratórios de Estruturas ou Canteiros de Obras (UNICAMP, FAU-USP, IAU-USP E CAU-UFRN). Dentre elas, apenas duas possuem ambientes de pesquisa destinados exclusivamente aos sistemas estruturais (UNICAMP e UFRN), e apenas a UNICAMP conta com cinco deles. Talvez isso ocorra, porque o Curso de Arquitetura e Urbanismo está vinculado à Faculdade de Engenharia Civil (FEC) e possui um Departamento de Estruturas.

Quadro 4: Quadro resumo dos cursos selecionados para a análise e sua infraestrutura.

Instituição	Ano do PPP	Emenário	Origem	Ingresso anual	Laboratórios	Laboratório de Estruturas ou Canteiros	Disciplinas de Projetos
<b>FEC – UNICAMP</b>	2013/2017	2013/2017	FEC - Faculdade de Engenharia Civil	24	LAPAC – Laboratório de Automação e Prototipagem de Arquitetura e Construção	Lab. Estruturas; Lab. Modelagem Estrutural e Monitoração; Lab. Engenharia de Estruturas Assistida Por Computador; Lab. de Concreto; Lab. de Madeiras	Teoria e Projeto IX: Arquitetura e Verticalidade
<b>FAU - USP</b>	2014/2018	2014/2018	Escola Politécnica da USP	150	LAME - Laboratório de Modelos e Ensaios	Canteiro Experimental (integrado com o LAME)	x
<b>IAU USP - São Carlos</b>	1996/Proposta 2016	Sistema Júpiter	Escola de Engenharia de São Carlos	45	Laboratório de Modelos e Maquetes	Laboratório de Construção Civil	Projeto I-B.
<b>FAU-UFRJ</b>	2006	Site da FAU-UFRJ	Escola de Belas Artes	240	x	x	Ateliê Integrado I; Projeto Arquitetônico II e Concepção Estrutural
<b>UFRN</b>	2006	2006	Curso de Engenharia	40	Laboratório de Maquetes	Laboratório de Estruturas em Madeira - LABEM	Projeto de Arquitetura 04
<b>UFPB</b>	2012	2012	Curso de Engenharia Civil	80	Oficina de Modelos físicos	x	Projeto de Edificações IV

Fonte: Autoria própria; (FEC-UNICAMP, 2018; FAU-USP, 2018; IAU-USP, 2018; FAU-UFRJ, 2018; DARQ-UFRN, 2018; DAU-UFPB, 2018).

Sendo a UFRN já parte da pesquisa como estudo piloto, a decisão estava entre as cinco universidades analisadas. A partir desta comparação foi possível perceber que a **UNICAMP** é uma das IES mais indicadas para a realização da pesquisa. Tal fato pode ser consequência de a oferta dos cursos proporcionar aos estudantes uma dupla capacitação, tanto na arquitetura como na engenharia, o que se mostrou muito positivo no caso de observação de uma de suas disciplinas. Justifica-se também, porque consta no seu PPP, dentre os objetivos do curso, a formação na racionalidade

estrutural de edificações e de cálculo e, também, na tecnologia da construção, adicionando o quesito do fácil acesso dos estudantes aos laboratórios disponíveis. Da mesma maneira, a escolha da disciplina de **Teoria e Projeto IX**, cujo tema é **“Arquitetura e Verticalidade”**, condizente com o estudo Piloto realizado na UFRN.

Vale lembrar os motivos da escolha de disciplinas que tenham como objeto projetos edifícios verticais. Em primeiro lugar, porque esse tipo de edifício em geral implica em uma maior preocupação com a concepção da estrutura, e também porque adicionam outros aspectos dentro desse processo de concepção, por exemplo, a necessidade de pensar as cargas horizontais.

Após a seleção do CAU e identificação da disciplina a ser estudada, no próximo item apresentaremos os métodos utilizados para sua análise.

## **3.2 Procedimentos e instrumentos metodológicos**

### **3.2.1 Instrumentos de Análise das Disciplinas**

A **Análise da disciplina de Projeto de Arquitetura** foi composta por cinco partes, todas definidas e aplicadas conforme os roteiros presentes no Apêndice II. Tais roteiros foram elaborados de acordo com as recomendações de alguns trabalhos, por exemplo, a tese de Renato Medeiros (MEDEIROS, 2017), já citada anteriormente.

O primeiro passo foi a **Análise do Plano de Curso**, em que se buscou identificar se a Ementa, o Objetivo, a Metodologia e as Formas de avaliação estavam claros. Verificou-se, também, se a bibliografia estava de acordo com o tema e se o conteúdo programático contribuiu para a elaboração do projeto e, ainda, se sugeria integração com outros componentes curriculares. Em seguida, a **Observação direta**, caracterizada pelo acompanhamento do processo de projeto dos discentes, avaliou a relação do professor com os estudantes, buscou observar qual o método de ensino aplicado, se a base teórica auxiliou no projeto e se houve integração/interação com outras disciplinas. No processo de projeto dos discentes, procurou investigar em que momento foram pensados os aspectos estruturais, qual o material construtivo utilizado, se os projetos seguiram alguma lógica estrutural, quais *softwares* contribuíram no desenvolvimento do trabalho, se a utilização de maquetes foi positiva

para esse processo e se os elementos de sustentação foram representados na fase de croquis.

Para esclarecer alguns pontos levantados no acompanhamento da disciplina foi realizada a **Entrevista coletiva com os discentes**. Ela investigou se as experiências projetuais dos semestres anteriores contribuíram para o processo de projeto, qual o fator mais destacado entre forma, função e técnica, o grau de influência da estrutura no edifício, o momento e avaliação da concepção estrutural, além de quais as principais restrições determinadas pelo professor. Nesta etapa, foram realizadas sete perguntas com o objetivo de estimular os discentes a apresentarem suas opiniões e criarem um debate em sala. Já a **Entrevista com o docente** foi composta por três perguntas: a primeira tentou identificar a avaliação do grau de influência das disciplinas de Estruturas no CAU e o motivo da escolha do sistema construtivo para o projeto da disciplina. A segunda questionou se houve a preocupação com concepção estrutural, quais foram os aspectos priorizados e em quais momentos ela foi intensificada durante o processo de concepção dos estudantes. A última pergunta aborda sobre como a participação de um professor de Estruturas pode melhorar o aproveitamento dos estudantes em relação à inserção dos sistemas estruturais no projeto arquitetônico.

Na última etapa, a quantidade dos trabalhos que participaram da **Análise dos Projetos** e entregues ao final do semestre letivo dependeu de cada turma. Nesta fase, o propósito foi identificar como os estudantes conceberam a estrutura, quais suas principais interferências no espaço e de que modo eles relacionaram um com o outro. Verificamos também se o sistema construtivo foi devidamente representado, se os discentes pesquisaram projetos de referência, se utilizaram alguma lógica estrutural e o grau de desenvolvimento da estrutura em seus projetos.

Em resumo, a **Análise Geral da Disciplina** objetivou discutir todos os pontos suscitados dessas etapas, levando em consideração os tópicos colocados em cada roteiro e alguns que surgiram no decorrer do semestre. Dentro do universo da pesquisa, nos dois estudos de caso, os roteiros foram essenciais para o andamento da análise, em especial, durante o acompanhamento das atividades e na averiguação dos Projetos dos discentes.

### 3.2.2 Instrumentos de Análise das Oficinas

Como explicado anteriormente, para responder à segunda questão central da pesquisa e testar as metodologias estudadas, foram realizadas **Oficinas de Concepção Estrutural com base em modelos físicos** em eventos acadêmicos da UFRN e da UNICAMP. Esta etapa também contou com um roteiro (Apêndice II) de organização e análise.

Primeiramente, as Oficinas foram pensadas seguindo as estratégias de ensino evidenciadas no Capítulo 2, em especial, com base no processo de concepção de uma proposta estrutural a partir de modelos físicos e sua avaliação por meio de um teste de cargas. Para tanto, verificou-se como as atividades realizadas promoveram uma melhor visualização espacial e sua relação com a estrutura, da mesma maneira que quais foram os melhores meios para incentivar os estudantes a pensarem nos aspectos estruturais no momento em que trabalhavam nos seus modelos. Assim sendo, a primeira Oficina foi baseada na produção de modelos físicos com palitos de bambu, cola e outros materiais de maquetaria, de forma presencial na UFRN, e com uma competição de teste de cargas. A segunda, por ser virtual, foi realizada a partir de modelos físicos em papel, de forma virtual na UNICAMP, e também contou com a realização do teste ao final do dia.

Em resumo, até aqui definimos a IES e a disciplina para aplicação dos procedimentos de investigação da pesquisa e debatemos a organização dos roteiros para tal. No próximo capítulo, serão apresentados os resultados dessa investigação, ou seja, como os professores de Projeto de Arquitetura tem agido frente ao distanciamento da concepção estrutural e arquitetônica dentro do curso, como os discentes tem respondido aos seus estímulos projetuais e qual o seu rebatimento nos projetos produzidos.

## **4. ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS DE ENSINO DA CONCEPÇÃO ESTRUTURAL NO ATELIÊ DE PROJETO DE ARQUITETURA**

Este capítulo apresenta o acompanhamento e análise de duas disciplinas de projeto na busca de uma melhor compreensão sobre como está sendo ensinada a concepção estrutural no aprendizado do ateliê no Brasil. Como explicado anteriormente no Capítulo 3, essa investigação foi composta por cinco partes: avaliação do Plano de Curso, observação direta da disciplina, entrevista coletiva com os estudantes, entrevista com o professor e análise dos projetos desenvolvidos pelos discentes, cujos roteiros constam nos Apêndices. Primeiramente, apresentaremos o piloto da pesquisa, que teve como objetivo testar os instrumentos de análise desenvolvidos. A disciplina de Projeto de Arquitetura 4<sup>31</sup> na UFRN foi selecionada a partir do critério do tema, pois trata de um projeto de edifício vertical e, conseqüentemente, pela sua proposta de integração com a disciplina de Estruturas II. Em seguida, o acompanhamento e a análise realizados na disciplina de Projeto IX, na UNICAMP, que agregaram novas perspectivas e informações importantes a esta pesquisa. Primeiro, por se tratar de uma matéria voltada para a elaboração de edifícios verticais em madeira “engenheirada”, segundo, devido à participação do professor especialista visitante<sup>32</sup> de estruturas em parte das aulas de ateliê.

### **4.1 Análise da disciplina de Projeto IV – CAU/UFRN (Estudo Piloto)**

A disciplina de Projeto de Arquitetura IV (P4) está inserida no 6º período (cujo tema é Verticalização e a Paisagem) do Currículo A5<sup>33</sup> do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN (CAU/UFRN). A proposta da disciplina é desenvolver um edifício vertical de uso misto no bairro de Barro Vermelho, na cidade de Natal, no Rio Grande

---

<sup>31</sup> Esta disciplina também foi analisada na Dissertação de Mestrado desenvolvida em 2014-2015 na UFRN, porém ministrada por outro professor, em outra sala de aula e com uma proposta distinta da atual. Logo, optou-se por avaliá-la novamente com o intuito de comparar as mudanças.

<sup>32</sup> O Programa Professor Especialista Visitante (PEV) propõe trazer para a Unicamp profissionais com amplo conhecimento e reconhecida especialização na sua área de atuação. Iniciou em 2011 com previsão de 4 bolsas, uma para cada área de conhecimento: Humanas/Artes, Exatas, Tecnológicas e Biomédicas (Fonte: [https://www.prg.unicamp.br/?page\\_id=711](https://www.prg.unicamp.br/?page_id=711)).

<sup>33</sup> O currículo A5, em vigor desde 2007, está atualmente em reformulação para o currículo A6, que tem como proposta principal uma maior integração dos componentes curriculares em torno das disciplinas de Projeto de Arquitetura. Como comentado anteriormente, o curso está inserido dentro do Centro de Tecnologia da UFRN e foi criado na década de 70 vinculado ao curso de Engenharia Civil.

do Norte, em nível de anteprojeto. As aulas aconteceram na maior parte das vezes na sala de aula H3, no Setor IV da UFRN e, em alguns momentos, no Laboratório de Informática (LabINFO) ou no pátio, ambos localizados no Bloco da Arquitetura da Universidade. As aulas aconteciam nos três primeiros horários da tarde, nas quartas-feiras, e nos três últimos horários da tarde das sextas, completando a carga horária da disciplina, que é de 90h.

#### 4.1.1 Análise da Ementa e do Plano de Curso

O Plano de Curso (PC) da disciplina é, de forma geral, claro e objetivo. Apresenta no cabeçalho os dados da disciplina e o contato do professor. Em seguida, identifica a Ementa, os Objetivos, Procedimentos Metodológicos, Avaliação, Referências e, por fim, o Conteúdo Programático da disciplina.

Inicialmente, a Ementa da disciplina esclarece que se pretende complementar o conhecimento adquirido nos semestres anteriores do CAU nas disciplinas de Projeto de Arquitetura, acrescentando a formação em **projeto de edifícios verticais**. Coloca como primeiro ponto importante a estrutura, depois a circulação e, por último, as instalações. Como o tema é a verticalização, é compreensível que estes três assuntos estejam evidenciados na ementa.

Acrescentar ao conhecimento adquirido anteriormente nas disciplinas de projeto as exigências inerentes à verticalização das edificações e suas especificidades, **sobretudo no que se refere à estrutura**, às circulações e às instalações prediais. A arquitetura vertical e sua inserção no contexto urbano (Plano de Curso de Projeto de Arquitetura 4 - DARQUFRN, p. 1 – grifo nosso).

Indica como objetivo geral projetar um edifício vertical em nível de anteprojeto, considerando as implicações da inserção desse tipo de objeto arquitetônico no contexto urbano, dentre elas, a estrutura. Desta maneira, tanto a Ementa quanto o Objetivo Geral da disciplina se **comprometem a estudar as especificidades das estruturas** nos edifícios verticais. Em relação aos procedimentos metodológicos, apresenta primeiro as aulas expositivas no início do semestre, depois, as análises de projetos de referências, inclusive de sites, revistas e até material publicitário e as palestras dos profissionais como modo de preparar os estudantes para o desenvolvimento do projeto.

Por fim, expõe que será elaborada uma “Análise integrada do conteúdo com demais disciplinas do semestre”, a qual pode ser compreendida de duas maneiras

diferentes: uma como uma avaliação do conteúdo didático gerado a partir da integração dos componentes curriculares do semestre e outra como a avaliação em conjunto com os outros professores dos projetos elaborados pelos estudantes. Analisando o PC, o “exercício prático individual” de uma edificação vertical poderia ser dividido em dois itens: o primeiro, explicando o momento de produção dos projetos e o segundo esclarecendo de que maneira aconteceriam as orientações das equipes.

A bibliografia está de acordo com o tema da disciplina, no entanto, não conta com nenhum livro que apresente exemplos de estruturas de prédios altos como, por exemplo, “Sistemas Estruturais”, de Francis Ching. No entanto, conta com um artigo da Professora Doris Kowaltowski: “Apoiando o projeto vertical: premissas básicas” (KOWALTOWSKI *et al.*, 2013), que apresenta um passo a passo do processo de projeto de prédios altos, levando em consideração também os sistemas estruturais.

De acordo com o PC, as avaliações parciais seriam feitas de modo continuado durante o semestre letivo nas aulas de ateliê e com base nos trabalhos entregues ao final de cada unidade. Os conteúdos técnicos e acadêmicos, além de aspectos como a participação, interesse e evolução de cada discente também foram considerados. De modo geral, este item esclarece como os estudantes foram avaliados, porém não expõe quais foram os principais parâmetros dessa avaliação, por exemplo, a representação dos projetos, observância dos condicionantes legais e dos fatores técnicos (estruturas e instalações).

Foi possível perceber que o conteúdo programático conseguiu contribuir para o desenvolvimento dos projetos dos estudantes. Nas primeiras duas semanas, aconteceu a apresentação da disciplina, uma aula sobre verticalização e especificidades do projeto e uma palestra sobre “Flexibilidade na arquitetura” com um profissional atuante nesse campo projetual. Em seguida, houve as apresentações dos discentes de estudos de casos de Trabalhos Finais de Graduação da UFRN, uma aula sobre os condicionantes legais e a visita de campo aos terrenos sugeridos. Em seguida, uma aula sobre os custos das decisões arquitetônicas, outra com a apresentação e debate de estudos de referências do mercado imobiliário e uma com a construção do painel conceito, do partido e estudos volumétricos.

Após essa primeira etapa, houve maior integração com a disciplina de Planejamento de Projeto Urbano e Regional 4 (PPUR4), o que foi importante para a

avaliação da área a ser estudada. Esta análise, somada à construção do Conceito e do Partido, constituiu parte do Trabalho Integrado no final da primeira unidade, onde os estudantes fizeram simulações dos condicionantes urbanísticos para a implantação de um edifício vertical no terreno escolhido.

Como proposto pelo PC, a segunda unidade foi caracterizada pela elaboração do Projeto, e tinha como proposta a integração com as disciplinas de Estruturas, Instalações e Conforto do Ambiente do mesmo semestre. Nesta unidade, aconteceu uma visita à obra de um edifício residencial vertical no bairro de Barro Vermelho e uma palestra do arquiteto responsável por uma empresa de consultoria à aprovação de projetos, para explicações das Normas de Combate a Incêndio. De acordo com o conteúdo programático, foi previsto nesta unidade que os estudantes continuariam o processo pela Planta Baixa de Pavimento Tipo, depois com as Plantas Baixas do Térreo e do Subsolo e, por último, com um corte esquemático para estudo do reservatório de circulação vertical. Essas plantas deveriam compor o trabalho final da segunda unidade e ser apresentadas em sala de aula para debate. Na terceira e última unidade foi planejado o desenvolvimento da implantação final e da área de lazer, das plantas baixas do ático e reservatório superior, além da volumetria e dos estudos de fachadas. Não foi considerado no cronograma, no entanto, o tempo para ajustes dos pontos levantados na avaliação da segunda unidade.

Avaliando o PC, pôde-se perceber que a ordem sinalizada do processo de projeto segue o artigo de (KOWALTOWSKI *et al.*, 2013) (indicado nas Referências Bibliográficas), onde se encontra uma lista dos aspectos que devem ser definidos em cada momento da evolução do projeto do edifício vertical. Observou-se também que, conforme o PC, a disciplina de Projeto de Arquitetura 4 propôs a integração com as disciplinas de Estruturas na segunda e na terceira unidades, porém não estabelece momentos para esta aproximação. No entanto, a integração foi mais bem percebida na prática com a observação da disciplina.

#### **4.1.2 Observação direta e Avaliação das atividades**

A observação da disciplina, realizada no ano de 2018, foi essencial para o entendimento da problemática, porque explorou no processo de projeto aspectos que não foram representados no trabalho final da disciplina ou não foram comentados nas entrevistas com os discentes. Durante esta etapa foi possível identificar alguns

momentos que foram de grande influência em se tratando da concepção estrutural durante o processo de projeto. No total foram 12 projetos, dos quais nove foram desenvolvidos em dupla e três individualmente, totalizando 21 discentes na disciplina de Projeto de Arquitetura 4 <sup>34</sup>.

Na primeira unidade, os estudantes foram solicitados a pesquisar projetos de referências e apresentá-los para a turma: inicialmente no âmbito acadêmico, a exemplo dos trabalhos finais de graduação e, posteriormente, no mercado imobiliário, com projetos de edifícios já existentes ou a serem construídos no Brasil.

Na aula subsequente da apresentação dos trabalhos de referências, o professor pediu para que os estudantes levassem folhas de A3 (ou cartolinas) e revistas para a elaboração de um Painel Conceito do projeto através do *Brainstorming*, com o tempo de 10 minutos para listar o máximo de palavras que cada equipe conseguisse. Após essa etapa, pediu-se que cada grupo selecionasse cinco palavras e, por fim, determinasse uma delas como conceito. Os painéis foram apresentados no mesmo dia e foram colados na parede da sala de aula, onde permaneceram durante todo o semestre.

Em seguida, os estudantes realizaram um breve levantamento dos condicionantes legais do bairro, analisaram as possibilidades construtivas de dois terrenos no local e foram solicitados a chegar num consenso e escolher um deles. A partir desta definição, cada grupo apresentou simulações das tipologias e quais as propostas de usos para o edifício misto (empresarial ou comercial).

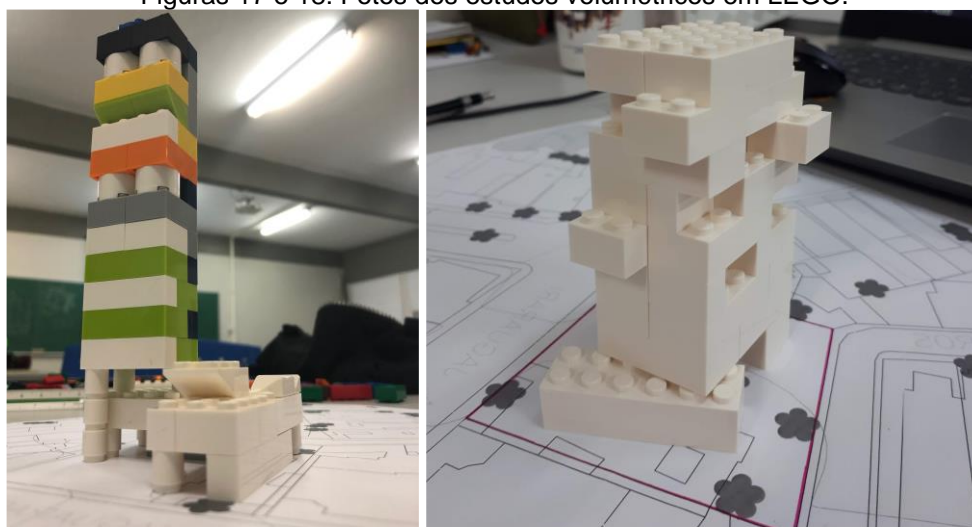
Nos primeiros momentos de desenvolvimento do projeto, o professor incentivou os estudantes a pensar no partido através de estudos de volumetria com isopor ou utilizando o jogo de montar (LEGO). Esta iniciativa surgiu a partir do modelo volumétrico em isopor elaborado como estudo preliminar por uma das duplas de alunas da disciplina (aluna argentina<sup>35</sup>, que cursou o componente curricular neste semestre).

---

<sup>34</sup> O semestre da observação direta foi omitido para garantir o anonimato dos participantes.

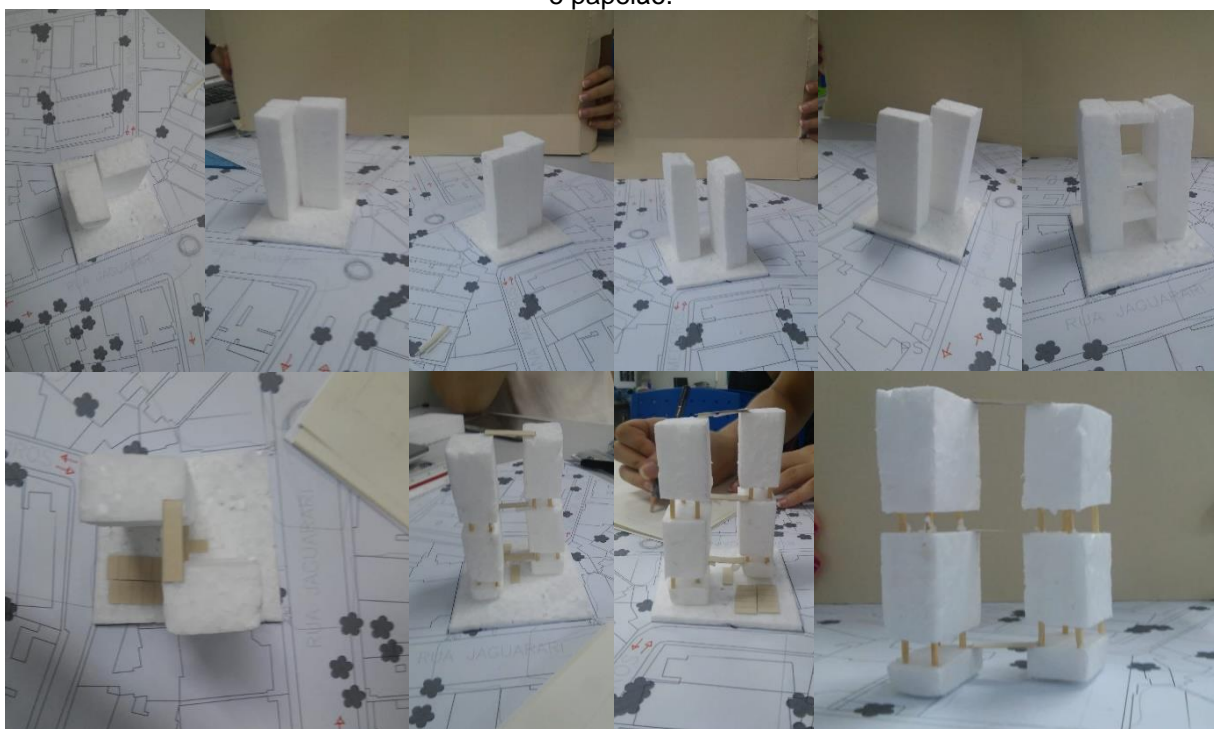
<sup>35</sup> Intercambista pelo programa de Mobilidade Acadêmica Regional em Cursos Acreditados (Marca).

Figuras 17 e 18: Fotos dos estudos volumétricos em LEGO.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto 4 – CAU/UFRN.

Figura 19: Montagem de fotos da sequência de estudos volumétricos de uma das equipes em isopor e papelão.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto 4 – CAU/UFRN.

Os discentes estavam livres para escolher o programa de necessidades, o pré-dimensionamento, as modulações entre outras determinantes que influenciaram no processo de projeto, gerando mais ou menos complexidade. Por exemplo, um dos grupos inseriu dois edifícios no terreno e teve mais dificuldades de lançamento das estruturas dos pavimentos de garagem, o que levou a equipe a consultar novamente o professor de estruturas, pois desejava aumentar os vãos entre pilares para resolver tais questões. Sobre este aspecto, acredita-se que tal liberdade de escolha teve

aspectos positivos e negativos. Positivos, porque os estudantes tiveram mais liberdade e autonomia no processo; como afirma Kowaltowski (KOWALTOWSKI; BIANCHI; PETRECHE, 2011), o arquiteto precisa estender seu repertório em diferentes situações e problemas e, assim, aumentar suas possibilidades de achar soluções, especialmente através dos métodos de projeção que servem de apoio e aprendizagem. E negativos, porque a geração de muitas restrições e dificuldades por parte de algumas equipes fez com que elas continuassem tentando resolver problemas criados por eles mesmos, deixando de lado aprendizados que talvez fossem mais interessantes no processo de projeto de edifícios verticais.

A respeito da relação professor-estudante, houve um bom convívio com a maior parte dos discentes de P4, especialmente os que compareceram assiduamente às aulas. Aqueles que buscavam se assessorar com o professor conseguiram desenvolver o trabalho de forma contínua. Sobre este aspecto, percebe-se que, no ensino de projeto de arquitetura, embora o estudante trabalhe de maneira perseverante individualmente, a troca de ideias e o diálogo com o professor são momentos essenciais na sua aprendizagem, como explica Donald Schön (SCHÖN, 2000).

O método de ensino de projeto utilizado na disciplina de P4 se caracterizou inicialmente pelas aulas expositivas e estudos de referências, como indicado no Plano de Curso e, em seguida, pelos assessoramentos das equipes em sala de aula. Durante as orientações, o professor interrogava os discentes sobre questões dos projetos que estavam em discordância com a legislação da cidade ou com as Normas do Corpo de Bombeiros, sobre as dimensões dos espaços e aberturas ou, ainda, sobre as particularidades dos desenhos e representações que poderiam ser melhoradas.

Na segunda unidade, os estudantes deveriam apresentar seus projetos para a turma, expondo plantas baixas dos pavimentos tipos e de garagem (o corte foi retirado desta avaliação, porque alguns grupos estavam tendo dificuldades com o software de representação e com algumas definições de projeto). Apesar disso, acredita-se que esse foi o momento em que a concepção estrutural esteve presente no processo de projeto dos discentes, e que também foi o período em que o professor mais incentivou os discentes a pensarem na forma da estrutura, nos detalhes e na sua combinação

com a arquitetura. É possível afirmar que isto se deve ao fato de que foi a etapa em que os estudantes já estavam cientes da maior parte dos requisitos legais e técnicos pertinentes ao projeto de um edifício vertical, e já tinham uma noção da forma e da estética do seu edifício, devido aos estudos realizados no início do período através de maquetes. A dupla que utilizou o modelo físico no processo já estava com a modulação e elementos estruturais definidos ao final na segunda unidade, os demais estavam na fase de localização dos eixos dos pilares ou de ajustes dos espaços a fim de racionalizar a estrutura.

Já na terceira unidade, os trabalhos foram entregues impressos e não foi exigida a apresentação em slides. Esta unidade foi marcada pela revisão de todos os pontos levantados durante a avaliação anterior, o que, em algumas situações, resultou na retificação da forma da estrutura. Em determinados casos, foi possível constatar que a ideia inicial e a lógica estrutural, ou seja, a concepção estrutural conceitual, não estavam inadequadas, porém mal elaboradas ou não devidamente representadas. Pôde-se perceber que esses pequenos erros são, na verdade, derivados da falta de experiências projetuais nas quais a estrutura assume um papel mais complexo no processo de projeto de arquitetura, como no caso de torres de edifícios, o que poderia ser aperfeiçoado por exercícios mais específicos de concepção estrutural aplicada ao projeto.

Sobre o processo de projeto dos discentes, cada dupla ou estudante desenvolveu a estrutura no momento mais conveniente de acordo com seu projeto. No entanto, a maior parte deles conseguiu organizar os elementos da estrutura durante a elaboração das plantas baixas. Metade dos grupos também recorreu aos estudos volumétricos para pensar na estrutura, um através do modelo físico que desenvolveu ao longo de todo semestre e os demais modelaram o projeto no *Sketchup*.

Da mesma maneira que nos semestres anteriores, em P4 foi imperativa a utilização do concreto armado com o intuito de integrar com a disciplina de Estruturas II e visando facilitar a representação da estrutura, porquanto edifícios verticais são mais complexos em termos da concepção estrutural. E ainda, pelo fato de o concreto armado ser o sistema construtivo mais utilizado pelas incorporadoras locais e, assim, apresentar uma maior facilidade de acesso a projetos de referências e exemplos na

cidade de Natal. Nesse caso, não houve momento de escolha do sistema construtivo durante o processo de projeto dos discentes, mas uma pré-determinação.

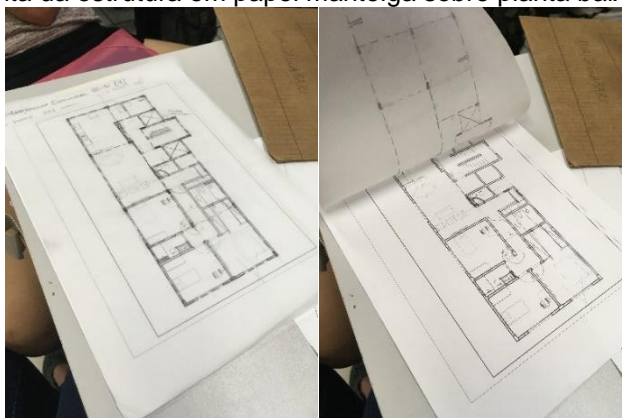
A utilização do *Revit* na entrega do trabalho final também foi uma das exigências de P4, em concordância com o professor da disciplina de Desenho Auxiliado por Computador 02 do semestre anterior, por conta da necessidade de os estudantes exercitarem o uso do programa. Do ponto de vista do processo de projeto de arquitetura, essa imposição não interferiu no desenvolvimento dos trabalhos, embora se percebesse certa dificuldade de representação nas plantas entregues ao final do curso. Por outro lado, verificou-se que a utilização do *Revit* pode ter ajudado na compreensão das estruturas dos edifícios verticais para algumas equipes, na medida em que possibilitou os estudantes a verem a interferência da estrutura que criaram com o edifício que projetaram. Apenas um dos discentes não cumpriu a exigência e não utilizou o *software* solicitado.

Segundo o Plano de Curso, a integração com a Disciplina de Estruturas II estava prevista para a segunda e terceira unidades. De fato, boa parte dos estudantes consultou o professor de estruturas para orientações do trabalho de P4, no entanto, não houve integração efetiva das duas disciplinas. A de Estruturas propõe no início do semestre um trabalho em que, a partir da planta do pavimento tipo de alguns edifícios residenciais verticais, os estudantes devem lançar a estrutura e fazer um pré-dimensionamento básico. Esse trabalho poderia ser desenvolvido na segunda unidade, momento em que os discentes poderiam lançar e fazer o pré-dimensionamento da estrutura dos seus próprios projetos de edifícios verticais. Durante o acompanhamento da disciplina de Estruturas II, foi possível perceber certo desinteresse dos estudantes pelo conteúdo ofertado, que era composto principalmente pelos cálculos do dimensionamento das armações de aço de pilares e vigas em concreto pelo método de usos de tabelas com exemplos fictícios.

Em se tratando da formação em técnica em estruturas e tecnologias da construção, os estudantes entendiam bem as questões estruturais levantadas pelo professor e tinham uma noção da lógica estrutural na utilização concreto armado. Já em relação ao entendimento básico do pré-dimensionamento da estrutura de um edifício vertical, os discentes arriscavam medidas um pouco fora da realidade quando comparados à quantidade de pavimentos do projeto.

É importante ressaltar o processo de projeto de uma equipe em especial, principalmente por conta da grande influência do modo de projetar da estudante argentina, através de modelos físicos. Mesclaram os meios de representação durante o desenvolvimento do trabalho, alternando entre croquis à mão livre, maquete de papelão e isopor, *Autocad* e *Sketchup*. Em alguns momentos, utilizaram papel manteiga sobre as plantas impressas para rever a estrutura e a modulação dos pilares (Figuras 20 e 21).

Figuras 20 e 21: Planta da estrutura em papel manteiga sobre planta baixa do Pavimento Tipo.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto 4 – CAU/UFRN.

Em síntese, observou-se em P4 que o uso de maquetes e modelos físicos e a utilização de softwares 3D contribuíram para a integração da concepção estrutural no processo de projeto arquitetônico. Contudo, é importante salientar que o papel do professor foi fundamental como principal incentivador e orientador para um processo de projeto que se preocupe com os elementos estruturais. A concepção e a representação da estrutura não devem ser deixadas para um momento posterior à concepção arquitetônica; mesmo que de maneira simplificada, elas devem ser simultâneas (DELATORRE; TORRESCASANA, 2009; LARSEN, 2003)(DELATORRE; TORRESCASANA, 2009).

#### **4.1.3 Entrevista coletiva com os discentes**

O discurso dos discentes é importante para esta pesquisa, não só porque mostra o ponto de vista dos estudantes acerca da experiência em Projeto 4, mas também revela um pouco suas opiniões sobre a formação em AU na UFRN. Por exemplo, quais foram suas expectativas da disciplina, quais foram suas maiores dificuldades no desenvolvimento do trabalho, o que mais conseguiram apreender do projeto de edifícios verticais, entre algumas outras informações que não seriam tão claras apenas com a Observação direta da disciplina. Dos 21 discentes matriculados

em P4, 17 compareceram à entrevista coletiva, dos quais mais da metade (12) participou ativamente e opinou sobre as questões levantadas. A entrevista durou cerca de 30 minutos depois da penúltima aula de Projeto 4. No primeiro momento, os estudantes foram informados sobre o tema da pesquisa, o que gerou certa inquietação e algumas risadas. Isso pode demonstrar que eles não estavam tão seguros da integração da concepção arquitetônica com a estrutural nos projetos apresentados ao longo do componente curricular.

Durante a entrevista, quando questionados se os projetos das disciplinas anteriores contribuíram para o desenvolvimento do trabalho, alguns responderam que tal “amadurecimento do conhecimento” auxilia o ato de projetar ao longo do curso. Informaram que, na disciplina de Fundamentos das Estruturas II (no período anterior), assimilaram o pré-dimensionamento básico dos elementos de suporte em concreto armado, o que foi aprofundado com o “exercício de concepção estrutural”<sup>36</sup> no início de Estruturas II neste semestre.

Alguns estudantes afirmaram que, no início da graduação, quando pensavam em estabelecer uma modulação (como por exemplo, de 5mx5m) ficavam presos às medidas e, com o tempo, perceberam que poderiam ser mais flexíveis e aperfeiçoar a forma do seu projeto. Uma das alunas afirmou que o maior impacto do semestre anterior no atual foi a restrição do uso do concreto armado, porque, em comparação com a estrutura metálica, é um sistema construtivo que precisa de mais robustez para vencer grandes vãos e suportar uma quantidade significativa de pavimentos. Comentou também sobre conceber a planta do tipo em conjunto com a estrutura do edifício e, depois, perceber que todos os pilares deveriam ser compatibilizados com os pavimentos de garagem. Sobre esta questão, outra dupla afirmou que a opção por pavimentos de subsolo no projeto do semestre anterior pode ter facilitado a concepção do edifício vertical na disciplina de P4, pois, devido a esta experiência, começaram o processo já pensando em uma modulação adequada para a circulação dos veículos.

A segunda pergunta procurou identificar qual o foco da disciplina entre os três pontos da tríade vitruviana (*firmitas, utilitas e venustas*): alguns estudantes responderam que foi a técnica, outros que foi a função e uma aluna explicou que as

---

<sup>36</sup> Exercício de lançamento e pré-dimensionamento dos pilares a partir da planta baixa de um projeto já existente.

equipes estavam livres para seguir a diretriz que escolhessem. Esta posição foi confirmada por outra dupla, que exemplificou novamente o trabalho do semestre anterior, onde as restrições do projeto de Habitação de Interesse Social (HIS) eram inúmeras e mais associadas à função, ao contrário do trabalho de Projeto 4.

A partir do estudo volumétrico, uma das equipes afirmou que seguiu por um caminho onde a forma foi o principal fator das decisões projetuais, gerando assim problemas estruturais a serem resolvidos. Alguns discentes também afirmaram que as três características da forma, da função e da técnica tiveram a mesma relevância na fase de concepção do edifício.

Quando interrogados se a estrutura influenciou no processo de projeto, a maioria respondeu positivamente. No entanto, durante o debate, comentou-se que, por mais que a modulação estivesse presente durante o desenvolvimento do projeto, alguns detalhes da forma da estrutura só foram pensados posteriormente. Outra aluna afirmou:

O que acontece é que a gente tá acostumado com um modo de desenhar e deixa pra pensar na estrutura por último. E, então, tentamos solucionar a estrutura no desenho que a gente tem e a gente tá fazendo isso no modo inverso né? Talvez se desde o começo a gente tivesse integrado, não estivesse quebrando a cabeça pra solucionar o subsolo, por exemplo. (Entrevista coletiva – Estudante de Projeto 4).

Outra dupla disse que seu projeto era composto por três volumes diferentes, logo, teria sido mais fácil começar pensando numa modulação que integrasse a todos, pois quando os elementos estruturais foram inseridos, viu-se que ficariam no meio dos ambientes. Seguindo esta linha sobre em que momento se pensou na estrutura, uma das alunas comentou: “Então, primeiro e antes de tudo, eu tenho uma fachada, eu tenho uma perspectiva na minha cabeça, e não uma estrutura (...) pra mim a gente só começa a pensar na estrutura quando começa a colocar as coisas em planta”. Isto pode significar que os estudantes entendem que a concepção estrutural deve ser um aspecto concebido no projeto de arquitetura desde o início, no entanto, ainda não estão habituados a colocá-lo em prática.

Conforme o comentário de outro estudante, a orientação que se recebe em algumas disciplinas, do ponto de vista da concepção estrutural, está “ao contrário”, porque as orientações a respeito da estrutura são feitas de acordo com uma planta baixa já definida, a ser modificada para encaixar os elementos estruturais. Uma aluna

também informou que o primeiro passo seria saber qual o sistema construtivo, em seguida, identificar qual o maior vão que este material suporta. No entanto, no seu entendimento, estas informações ainda são insuficientes diante de todas as tomadas de decisão referentes às estruturas.

De modo geral, segundo os estudantes, o “exercício da concepção estrutural” desenvolvido na disciplina de Estruturas II trouxe uma visão de como a estrutura se comporta em edifícios verticais e ajudou na elaboração do projeto de P4. Entretanto, para eles, a abordagem da disciplina e o conteúdo apresentado ao longo do semestre parecem distantes da realidade dos arquitetos. A maioria acredita que existe a possibilidade de uma maior aproximação entre as disciplinas de Estruturas e as de Projeto de Arquitetura, se as primeiras dedicassem maior tempo à concepção estrutural: “A gente não tem criatividade de solução, porque a gente não tem tanto conhecimento sobre o assunto”. Um dos estudantes apontou que, inicialmente, nas suas pesquisas para desenvolver o trabalho, conseguiu identificar exemplos de estruturas verticais mais arrojadas em concreto armado, entretanto, nas primeiras aulas de concepção, sentiu a necessidade reproduzir o modelo que já conhecia, ou seja, o convencional (pilar e viga se repetindo nos pavimentos).

Sobre a avaliação dos projetos tendo em vista a concepção da estrutura, alguns estudantes consideram que o sistema estrutural pode ter “podado” a ideia inicial da forma do edifício. Uma equipe pensou em fazer vários elementos em balanço, contudo, como estavam superdimensionados, talvez pela falta de experiência, terminaram por reduzi-los demais, afastando-se da composição da forma imaginada inicialmente. Neste sentido, uma discente afirmou achar necessário o aprendizado das possibilidades construtivas, considerando também as exigências do mercado. Todavia, para ela, na maior parte das vezes, a forma é podada durante as orientações com os professores sob a justificativa de que “é muito complicado fazer isso”.

Já em relação às restrições de projeto, o único aspecto comentado foi a imposição da utilização do concreto armado. Os estudantes levantaram a questão de que é o sistema construtivo mais utilizado na região, mas que alguns deles gostariam de aprender sobre outros materiais de construção de edifícios verticais. Comentaram que não compreendem a justificativa sobre essa restrição, já que a disciplina de Estruturas II não se preocupou com a integração na segunda e terceira unidades,

despendendo um tempo excessivo no dimensionamento das armaduras. E ainda que, a exemplo do semestre anterior, foram apresentados outros exemplos de sistemas estruturais e, na disciplina de projeto, os discentes tiveram autonomia para escolher qual sistema eles gostariam de usar nos seus trabalhos.

Em resumo, mesmo que todos os estudantes não tenham comparecido ou não tenham participado da entrevista, foi possível perceber que a maior parte deles considera não estar preparada para conceber estruturas mais complexas. Constataram que seus projetos, muitas vezes, são adequados às formas estruturais e, conseqüentemente, perdem qualidades e características pensadas inicialmente. Reconhecem, também, que a concepção estrutural deve acontecer em conjunto com a criação do espaço e, por isso, gostariam de aprender mais sobre ela, principalmente através de projetos de referências, e desejariam ter o poder de escolha do sistema construtivo do edifício vertical projetado na disciplina.

#### **4.1.4 Entrevista com o professor**

O ponto de vista do docente traz para a pesquisa algumas explicações: estratégias utilizadas para estimular os estudantes a pensar na estrutura, dificuldades que ele identificou neste processo e a razão da restrição quanto ao sistema construtivo. A entrevista aconteceu reservadamente e foi realizada no último dia de aula, após a entrega dos projetos dos discentes, com duração de, aproximadamente, 25 minutos.

Na primeira pergunta, que tratou do grau de influência das disciplinas de Estruturas no desenvolvimento do projeto do edifício vertical de P4, o professor respondeu crer que as disciplinas estão bem posicionadas na organização curricular do CAU/UFRN, porém, ainda existe certa distância entre o conteúdo referente aos sistemas estruturais e o processo projetual. Em sua opinião, isso se dá também por conta da falta de iniciativa, por parte dos estudantes, em buscar mais informações sobre o tema e que, em vários casos, os “alunos se fazem de vítima” em relação às disciplinas de Estruturas. Com base em sua vida acadêmica na UFRN, desde a graduação em AU, passando pelo trabalho como professor substituto até o efetivo, a concepção estrutural é, do seu ponto de vista, bem tratada pelos professores que trabalham na área.

Para o docente, no quinto período (o anterior), a disciplina de Projeto de Arquitetura 3 tem uma ênfase na parte tecnológica e estimula os estudantes a pesquisarem e utilizarem sistemas estruturais diferentes. Porém, em P4, a restrição para o uso do concreto armado é fundamentada pela integração com Estruturas II, e acredita não se tratar de um aspecto negativo. Primeiro, porque a maior parte dos edifícios verticais construídos na região usa esse sistema estrutural, por isso fica mais fácil encontrar exemplos na prática: “Já viram isso há mais tempo, muitos moram em edifícios desse tipo”. Segundo, porque também se torna mais fácil visitar obras, o que ajuda a exemplificar na hora da orientação (“Lembra os edifícios que vocês visitaram?”), o que seria muito difícil em se tratando de estruturas metálicas, por exemplo.

A segunda questão procurou compreender se a concepção estrutural foi um dos aspectos priorizados no desenvolvimento dos projetos dos discentes – a resposta foi negativa. No entanto, o docente explica que, enquanto professor, tentou estimular os estudantes para que pensassem na racionalização durante a locação dos pilares, desenvolvendo a solução em planta, começando pelo pavimento tipo, para que os pilares fossem pré-lançados e atentassem para como isso afetaria os pavimentos inferiores. Ele entende que muitos discentes tiveram dificuldades de resolver os subsolos, no entanto, todos foram alertados sobre essas particularidades do edifício vertical desde o início.

Em relação ao momento da concepção da estrutura, o professor respondeu que a maior parte dos discentes foi obrigada a pensar nos elementos estruturais quando resolveu a planta baixa do pavimento tipo. E que lhes foi solicitado que consultassem o professor de Estruturas II como parte da integração entre as duas disciplinas. Do seu ponto de vista, os estudantes deveriam ter resolvido a estrutura do projeto até o final da segunda unidade, quando nem todos procuraram o professor de Estruturas para assessoramento.

Quando questionado se a participação de professores de Estruturas pode melhorar o aproveitamento dos discentes em relação ao ensino da concepção estrutural no processo de projeto, o professor respondeu positivamente: “Uma participação ativa em sala de aula (...), porque aproxima mais e desmistifica a estrutura, como se fosse o vilão da história, o que na verdade não é”.

Enfim, foi possível perceber que o docente se preocupa com a inserção da concepção estrutural no ateliê de projeto, assim como compreende que existem peculiaridades da integração da estrutura com a arquitetura em prédios verticais e procura estimular os estudantes a pensar nessas questões. A imposição do uso do concreto armado teve o propósito de facilitar o aprendizado dos sistemas estruturais de edifícios altos, um pouco mais complexos do que os estudados pelos discentes nos semestres anteriores do CAU/UFRN. Como professor, ele acredita que a participação atuante dos docentes de Estruturas pode trazer melhorias para o ensino de projeto arquitetônico em sintonia com a concepção estrutural.

#### **4.1.5 Análise dos Projetos dos discentes**

A análise dos projetos é parte crucial deste trabalho, pois é o resultado do aprendizado dos estudantes durante a disciplina de P4, a qual seguiu os instrumentos de pesquisa que se encontram no Apêndice II e a Análise individual de cada um deles, no Apêndice III. São cinco itens a serem verificados: o primeiro trata da facilidade de identificação da estrutura; o segundo se houve projetos de referências para a concepção; já o terceiro, investiga se há alguma lógica estrutural. No total, foram 12 equipes na disciplina. Um dos trabalhos não cumpriu boa parte das exigências para a entrega do trabalho e uma das equipes não concluiu o projeto, desta maneira, optou-se pela análise de 10 projetos.

Em primeiro lugar, o sistema estrutural foi facilmente identificado em todos os projetos e as equipes o representaram de modo inteligível nos pavimentos tipo. Foi possível perceber que a maior parte dos estudantes teve dificuldade no momento da compatibilização da estrutura do tipo com os pavimentos de garagem (subsolos). Sete dos projetos desenharam apenas os pilares que desciam do pavimento tipo no estacionamento e não consideraram os elementos estruturais lâminas da garagem. Em um dos trabalhos, o pilar foi posicionado no meio da rampa de circulação de veículos. Nenhuma dupla apresentou projetos de referência ao final da disciplina, pois não era uma exigência do professor. Durante a observação, no entanto, ele levou revistas que auxiliaram algumas equipes em relação à forma e à estética do sistema estrutural.

Figuras 22, 23 e 24: Perspectivas de três dos Projetos analisados.

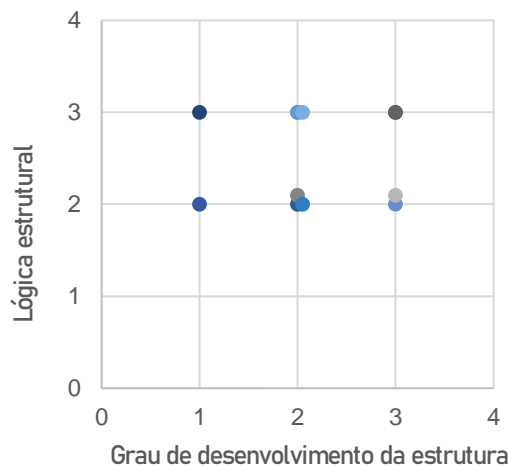


Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto 4 – CAU/UFRN.

Em relação à lógica estrutural, viu-se que todos os projetos seguiram o mesmo modelo do pórtico tridimensional, mesmo que alguns deles tenham pensado em mais alguns detalhes, como pés direitos duplos nas unidades habitacionais. Talvez isso se dê porque, em um primeiro momento, é o tipo que parece mais intuitivo em se tratando do concreto armado como material construtivo. Entretanto, visualizando os projetos como um conjunto, pôde-se perceber que há uma variação da importância da lógica estrutural entre eles, ou seja, algumas equipes pensaram mais na forma seguindo os caminhos das forças do que outras. Quanto ao grau de desenvolvimento da estrutura, como apresentado anteriormente, nenhuma equipe a desenvolveu em sua totalidade, ou seja, em todos os projetos existiram espaços ou pranchas nos quais a estrutura não foi representada.

Considerando a escala: 0-Nenhum, 1-Baixo, 2-Médio, 3-Alto e 4-Avançado, o gráfico abaixo apresenta no eixo X o grau de desenvolvimento da estrutura, no eixo Y a lógica estrutural e os pontos representam os projetos dos discentes. O objetivo foi identificar se os estudantes pensaram na estrutura apenas seguindo um modelo simples do encaminhamento das forças e desenvolveram um pouco mais do projeto em relação à estrutura a partir disso, ou se tentaram ir além da lógica estrutural, conseqüentemente, não conseguindo reproduzi-la nos seus trabalhos.

Gráfico 1: Grau de desenvolvimento da estrutura x lógica estrutural – Análise dos Projetos dos estudantes.



Fonte: Autoria própria.

Observa-se que, em relação à lógica estrutural, seis projetos foram considerados como médio (2) e quatro como alto (3), o que mostra que nenhum desconsiderou completamente a lógica, como também nenhum se baseou essencialmente nesse aspecto para projetar o edifício. Sobre o grau de desenvolvimento da estrutura, metade (5) dos trabalhos foi avaliada como médio (2) desempenho, dois como baixo (1) e três como alto (3). Comparando às duas características a partir do gráfico, viu-se que dos quatro projetos avaliados como alto (3) pela lógica estrutural, apenas um conseguiu desenvolver e representar melhor a estrutura (alto-3). Por outro lado, três dos 10 projetos analisados foram considerados com médio (2) desempenho nos dois aspectos (meio do gráfico).

Contudo, mesmo não apresentando todos os itens na entrega final do projeto, foi possível acompanhar durante o processo de projeto a preocupação da integração da estrutura com o espaço concebido. Este interesse pela estrutura surgiu, porque a ideia principal era deslizar os pavimentos para criar um movimento na fachada do edifício, o que ocasionou também maior dificuldade de representação, já que a equipe deveria apresentar a planta baixa de quatro tipologias do pavimento tipo.

Em resumo, na análise dos projetos dos estudantes observou-se que algumas equipes conseguiram pensar na lógica estrutural de maneira mais avançada e ao mesmo tempo, conceber a estrutura de forma mais completa. Por outro lado, pode-se afirmar que a maior parte deles foi considerada como desempenho mediano nestes dois aspectos, principalmente porque sua estrutura seguiu exclusivamente à

disposição dos ambientes ou os esquemas de fluxos e estacionamento de veículos dos pavimentos de garagem.

#### **4.1.6 Análise geral da disciplina**

Compreende-se que o ensino e aprendizado da concepção estrutural no atelier de projeto de arquitetura é um desafio para os docentes e estudantes (HERR, 2013; WHITEHEAD, 2013). São inúmeras as questões levantadas durante o processo de projeto e que concorrem com a estrutura na produção do espaço arquitetônico (CHIUINI, 2006). No entanto, em se tratando da verticalização, as questões estruturais são intensificadas e devem ser estimuladas durante a produção dos trabalhos dos discentes. Esta análise piloto procurou verificar como se deu o ensino da concepção estrutural inserida no ensino de projeto de arquitetura e como os discentes refletiram tal aprendizado em seus trabalhos.

Os estudantes estavam livres para trilhar o caminho do aprendizado de projeto, não tendo a disciplina de P4 uma ênfase única, sendo balanceado de acordo com cada equipe. Ou seja, a função foi cobrada pelo professor tanto quanto a forma do edifício vertical, ambas em concordância com a técnica, amparada pela disciplina de Instalações e Estruturas do mesmo período (mesmo não comparecendo às aulas de projeto, os professores se disponibilizavam para assessorar os estudantes).

Uma observação pertinente é que os estudantes tratam as disciplinas de Estruturas e, conseqüentemente, os elementos estruturais como vilões do processo de projeto, o que foi confirmado pelo docente em seu discurso e como também explica Chiuini (CHIUINI, 2006). Talvez isso se dê pelo fato de os conteúdos ministrados nas disciplinas de Estruturas estarem um pouco distantes da realidade do ato de projetar em arquitetura (discurso dos discentes), ao qual os estudantes de arquitetura estão mais acostumados (WHITEHEAD, 2015).

Durante a entrevista com os discentes, foi comentado que a estrutura restringiu um pouco a criatividade no processo, o que pode ser associado ao pouco tempo de que se dispõe para desenvolvê-lo (menos de um semestre). Uma das equipes mencionou que, em curto prazo, parecia o mais simples a ser feito ou o que se sabia fazer: lançar os pilares num pavimento tipo ou encaixar os ambientes em um bloco definido. Assim, temos abaixo a Tabela Síntese da Análise da Disciplina:

Quadro 5: Síntese da análise de Projeto 4 – CAU/UFRN

ETAPAS DA PESQUISA	Pontos positivos	Pontos a melhorar/esclarecer
--------------------	------------------	------------------------------

<i>Análise do Plano de Curso</i>	Comprometimento em estudar os aspectos da estrutura no desenvolvimento das atividades. Preocupação com a sequência do processo de projeto dos estudantes (KOWALTOWSKI <i>et al.</i> , 2013) e tentativa de integração com uma disciplina de Estruturas.	Estabelecer em quais momentos aconteceria a participação do professor de Estruturas.
<i>Observação direta da disciplina</i>	Boa organização das atividades ( <i>brainstorming</i> , painel conceito e plano de massa) e dos conteúdos transmitidos (palestras) durante o processo de projeto. Estímulo contínuo ao pensamento da estrutura do edifício vertical.	Não integração efetiva com a disciplina de Estruturas do semestre, em face de os poucos atendimentos serem separados do ateliê.
<i>Entrevista coletiva com os discentes</i>	Entendimento da importância da concepção estrutural no início do processo de projeto e incentivo ao desenvolvimento de cada etapa ajudaram os estudantes a pensarem nas questões construtivas.	Algumas equipes tiveram dificuldades em estabelecer uma relação entre a estrutura do pavimento tipo, que foi o primeiro a ser desenvolvido, e sua compatibilização com o pavimento de garagem. Poucas assessorias com as de Estruturas e diferença entre os discursos dos professores: concepção estrutural no início do processo e “lançamento” posterior do sistema estrutural.
<i>Entrevista com os docentes</i>	Preocupação com a inserção da concepção estrutural no processo de projeto e reconhecimento da distância entre as disciplinas de Projeto e Estruturas. Esclarecimento da restrição do uso do concreto armado na disciplina.	Apesar dos estímulos, os estudantes mantiveram a ideia de pré-lançamento da estrutura como algo separado. Além disso, uma participação ativa do Professor de Estruturas poderia desmistificar as questões estruturais, de modo que houvesse uma mudança na visão que os estudantes têm a respeito, como algo separado e complicado de entender.
<i>Análise dos projetos dos discentes</i>	Nenhum projeto avaliado como baixo no quesito da lógica estrutural. Metade avaliada como médio desenvolvimento da estrutura e três como alto. Estes pontos mostram o estímulo do professor para um pensamento estrutural durante o processo.	Na maior parte dos projetos a estrutura foi considerada posteriormente, seguindo o que Hélio Costa Lima chamava de “plantismo”. Quase todos os projetos seguiram um sistema estrutural mais ortogonal de pórticos, sem grande complexidade de concepção. Dificuldade de representação com o uso do BIM por parte dos estudantes.

Fonte: Autoria própria.

Nenhum dos projetos pensou em um corpo estruturante no meio do edifício nem em lajes em balanço que pudessem ir aumentando de seção na chegada desse

núcleo estruturador. Ou ainda, quem sabe, levar a estrutura mais para a periferia do edifício e utilizá-la como estudo de fachada. Sabe-se que é necessária certa experiência do ato de projetar para liberar a criatividade e elaborar projetos mais inusitados; não seria o curso de Arquitetura e Urbanismo uma oportunidade ímpar de testar e descobrir novas ideias, uma vez que não se tem a imposição da realidade (como restrições do desejo do cliente, custo, distância de novas tecnologias, entre outras)? O que se pretende não é propor o ensino de projetos impossíveis de serem construídos ou que fujam da lógica das estruturas, porém incentivar os estudantes a percorrerem novos caminhos no processo de projeto de arquitetura.

## 4.2 Análise da disciplina de Projeto IX do CAU/UNICAMP

Dentro do CAU/UNICAMP<sup>37</sup>, a disciplina de Projeto IX trata da Verticalidade e se encontra no nono semestre, de um total de doze, no quinto ano do curso, cujo tema principal são “As sustentabilidades da cidade”. No período letivo, foram 40 discentes matriculados em Projeto IX que, além do professor de projeto, contou com a atuação de um professor visitante de Estruturas, dois estagiários docentes (pós-graduação) e um monitor (graduação de engenharia civil – no sistema de dupla formação). As aulas aconteciam às quartas-feiras, das 19h às 22h30, e sextas-feiras, das 19h às 21h.

O componente Projeto IX foi baseado na disciplina de “*Mass timber, mass housing*” (numa tradução simples: “Madeira em massa, habitação em massa”) do MIT (Massachusetts Institute of Technology), cujo foco é a produção de edifícios de médio porte (em média 8 pavimentos) em madeira, material construtivo mais leve e mais sustentável para o adensamento de centros históricos. A partir daí, surgiu a proposta de integração junto à matéria de Técnicas Retrospectivas do mesmo período, sendo a área para o desenvolvimento dos trabalhos a Vila Industrial no centro da cidade de Campinas.

### 4.2.1 Análise do Plano de Curso

O Plano de Curso da disciplina de Projeto IX, de maneira sucinta, apresenta primeiro as informações gerais, como nomes dos docentes, estagiários docentes e

---

<sup>37</sup> Como comentado anteriormente, o curso de Arquitetura e Urbanismo da Unicamp iniciou suas atividades na década de 90 inserido na Faculdade de Engenharia Civil, a qual permanece vinculado até hoje.

monitor, seus horários e salas de aula (CA25). Em seguida, estão as Ementas de três componentes curriculares que compõem a integração do ateliê do nono período: Metodologia de Projeto IX, Teoria e Projeto IX e Projeto IX. Em seguida, está a explicação da Proposta do Projeto e, ao final, o cronograma.

Sobre as Ementas, foi possível perceber que a primeira e a última são iguais, e só diferem na quantidade de créditos. Assim, Metodologia de Projeto IX e Projeto IX abordam os métodos de apoio do processo de projeto, levando em consideração a verticalidade. A segunda, Teoria e Projeto IX, apresenta os conteúdos necessários a serem revisados e explicados para a elaboração do projeto do edifício vertical, com destaque para os aspectos estruturais, instalações prediais e métodos construtivos.

Acredita-se que essa organização do Plano de Curso se dá devido às características do PPP e da organização curricular do curso, sendo agrupadas as três disciplinas em um único documento. Nele se ressalta que o processo do projeto a ser desenvolvido é composto de particularidades relativas à altura da construção e à repetição de pavimentos sobrepostos, um ponto positivo para a compreensão dos estudantes quanto ao trabalho durante o semestre. Além disso, dá destaque às informações técnicas necessárias, em especial, às estruturais, o que também é favorável por se tratar de um projeto inédito para muitos dos discentes.

Por outro lado, a proposta do Projeto está resumida da seguinte maneira no Plano de Curso:

Desenvolver o projeto de um edifício vertical de gabarito médio, multifuncional, para terreno de livre escolha na Vila Industrial, com o objetivo de adensamento da região, porém ao mesmo tempo respeitando sua importância histórica. Deverão ser seguidos os preceitos de arquitetura sustentável, assim como as legislações em vigor (prefeitura, incêndio etc.). O material construtivo será a madeira. (...) Os projetos serão desenvolvidos em equipes de 3 alunos. (PLANO DE CURSO DE PROJETO IX – CAU/ UNICAMP).

Sobre este item, ressaltam-se a objetividade e a clareza da proposta, no entanto, não ficou claro que a escolha do material construtivo estava diretamente vinculada aos “preceitos de uma arquitetura sustentável”, o que foi percebido na Observação de Projeto IX e na Entrevista com o docente.

Em relação ao Cronograma, foi organizado de modo que as quartas-feiras fossem destinadas às assessorias e aulas com o docente de Projeto, o monitor e

estagiários, e as sextas, na maior parte das vezes, fossem para as aulas do professor especialista visitante. As primeiras também foram compostas por aulas sobre sustentabilidade, detalhes arquitetônicos, legislação de escadas e incêndio e, na maior parte do tempo, de assessorias. Já nas sextas, o planejamento junto ao PEV<sup>38</sup> se ateve à transmissão de informações das estruturas de madeira, uma vez que os estudantes não tiveram acesso a tal material em outras disciplinas do curso. Logo, do total de 15 aulas das sextas, 12 estavam previstas para o PEV, das quais, sete delas foram concernentes ao conteúdo do material construtivo, que era a madeira, e cinco foram reservadas a assessorias de projetos e, destas, três aconteceram no final do curso. Isso foi considerado negativo, no sentido da concepção estrutural, pois os discentes tiveram poucas assessorias no início do processo.

Seguindo o cronograma, o início do semestre foi marcado pela apresentação de estudos de caso de prédios verticais, em madeira, aço e concreto, e pela Apresentação 1, com a localização do terreno e um plano de massa do edifício. Também foi prevista no cronograma a realização de três atividades em sala, que deveriam ser entregues ao final da aula, com os seguintes temas: diretrizes de sustentabilidade, sistemas construtivos e detalhamento arquitetônico. Já na Apresentação 2, o nível de desenvolvimento do projeto deveria ser intermediário, com um tempo para discussão. Percebeu-se, neste caso, um planejamento estratégico de três momentos de concepção: o primeiro, da escolha do local e pensamento sobre a forma; o segundo, com o desenvolvimento a partir do sistema estrutural estudado; e, por último, a definição de características mais detalhadas do projeto. Essa organização, do ponto de vista de um maior encaminhamento dos estudantes durante o período, foi coerente com a proposta do projeto, porque os incentivou a trabalharem nos aspectos desejados em cada etapa do processo do projeto do edifício.

Dos sistemas de avaliação, foi apresentada a fórmula de cálculo da nota final, que seria composta pelas notas de todas as atividades e das três apresentações, cada uma com seu peso. No mais, no Plano de Curso não constam os parâmetros de avaliação do Anteprojeto, entretanto, indica os itens a serem entregues em cada etapa:

---

<sup>38</sup> Cabe ressaltar que ele não foi o primeiro professor de Estruturas a atuar na disciplina; dois outros professores do pós-doutorado participaram de Projeto IX nos semestres anteriores, porém ele foi o primeiro e oficial Professor Especialista Visitante.

**Apresentação 1:** Estudo preliminar com a implantação do projeto; definição do programa e do volume de massas; definição dos principais objetivos do projeto.

**Apresentação 2:** Sistema estrutural e construtivo adotado (modelo 3D, com justificativas e simulações); simulações ambientais e soluções incorporadas ao projeto (brises, sistemas de ventilação, iluminação natural); layouts internos e estratégias adotadas em caso de incêndio (rotas de fuga, estratégias para retardar a propagação do fogo).

**Apresentação 3:** Anteprojeto; interação entre o sistema estrutural e o projeto arquitetônico; Detalhamento Arquitetônico (sobretudo de questões fundamentais que permeiam o projeto); memorial descritivo (com as justificativas das escolhas, embasadas em simulações) (PLANO DE CURSO DE PROJETO IX – CAU/ UNICAMP).

Vale ressaltar que o documento analisado não apresenta as referências bibliográficas usadas durante o semestre. O material foi sendo disponibilizado para os estudantes à medida que aconteciam as aulas e atividades, junto com o fornecido pelo PEV, e ainda com alguns itens que surgiam durante as orientações ou trazidos pelos discentes.

Compreende-se que o Plano de Curso da disciplina de Projeto IX mostra uma preocupação na organização dos trabalhos, o que contribuiu para que os estudantes continuassem desenvolvendo o projeto seguindo os conceitos a serem estudados. A carga de conhecimento transmitida pelo professor visitante ao longo do semestre favoreceu o entendimento sobre o material e seus aspectos construtivos; no entanto, os momentos de condução de um pensamento voltado para as estruturas de madeira no começo do processo do projeto podem ter sido prejudicados pela grande quantidade de informações. Tais questões levantadas referentes ao planejamento e à organização da disciplina indicadas no Plano de Curso também foram analisadas durante o acompanhamento e observação do componente curricular.

#### **4.2.2 Observação da disciplina de Projeto IX**

Em se tratando de uma matéria cujo tema é a verticalização com uma docente preocupada com a materialização no ensino da Arquitetura e um professor visitante de Estruturas em madeira, a observação da disciplina realizada no ano de 2019 também foi uma grande oportunidade de aprendizado.

No início do período letivo aconteceram aulas sobre a sustentabilidade em edifícios de madeira e autonomia e propriedades físicas e mecânicas do material. Após as duas primeiras semanas, os estudantes começaram as apresentações do seminário dos projetos de referência. Dentre os estudos de casos estão: o

*Commerzbank (Foster e Partners); Tamedia (Shigeru Ban Architects); Timmerhuits*, em Roterdã (OMA); *Via 57 West (BIG); Brock Commons (Acton Ostry Architects)*; e o *Wood Innovation and Design Centre (Michael Green)*, entre outros. Todos os projetos indicados pelos docentes são referências de edifícios sustentáveis, mas nem todos tratavam de construções em madeira <sup>39</sup>.

Conforme o Plano de Curso, as aulas das sextas-feiras foram destinadas à transmissão de informações do material construtivo, pois os estudantes tiveram uma única disciplina sobre Madeira, a qual dividiu o conteúdo com estruturas metálicas. De modo geral, diferentes assuntos foram abordados por algumas pessoas convidadas pelo PEV: a anatomia da madeira, os principais materiais encontrados na construção civil de madeira engenheirada, os tipos de junções metálicas e detalhes de conexões mais comuns nesse ramo. Entende-se que estas aulas serviram para dar a base necessária para os discentes projetarem, além de terem sido uma oportunidade ímpar de conhecerem o material e aprofundarem seus conhecimentos nele. No entanto, acredita-se que a quantidade de tempo e de conteúdo foi excessiva, considerando a carga horária geral do componente curricular e o fato de o trabalho final se tratar de um anteprojeto.

Nos primeiros momentos de assessoria foi solicitada uma volumetria inicial, que poderia ter sido apresentada no computador ou através de croquis. Por se tratar de uma área de preservação histórica, foram requisitados os volumes do entorno imediato ao terreno que cada grupo escolheu, para que os estudantes entendessem o impacto do edifício e pensassem na melhor maneira de inseri-lo no contexto urbano. Isso remete à ideia principal da disciplina: a madeira como material construtivo flexível devido à sua facilidade de montagem e leveza. Nesse sentido, surgiram os seguintes comentários da docente: “Qual seria a melhor estratégia para a gente começar a ver o projeto e sua estrutura? Pensando também essa relação com o entorno”. Esse aspecto do projeto – entorno *versus* estrutura, somado ao material construtivo, adicionou um novo desafio ao desenvolvimento de um edifício vertical. Acredita-se que isto tenha despertado grande interesse nos estudantes inicialmente, porém, a integração com a matéria de Técnicas Retrospectivas tenha dificultado a intenção de verticalidade de Projeto IX.

---

<sup>39</sup> O semestre da observação direta foi omitido para garantir o anonimato dos participantes.

Sobre a obrigatoriedade do desenvolvimento do projeto em madeira, mesmo que mesclado com outros materiais, foi observado durante as aulas que se tratava de um limitante do processo de projeto dos discentes, todavia, o concreto armado (CA) também teria o mesmo efeito. Nesse sentido, houve o estímulo de mudar a sequência do processo de projeto que os discentes estavam acostumados: primeiro definir a maior parte dos espaços e, depois, pensar em como estruturá-los, o que foi desafiador, segundo eles.

Durante as aulas sobre madeira “engenheirada”, com a presença de um professor convidado pelo PEV, o material foi apresentado dando ênfase às suas propriedades físicas e à explicação dos esquemas de colagem cruzada das peças no sentido dos veios e favorável ao entendimento de como os elementos se comportam estruturalmente dentro do sistema construtivo.

Em outra aula, o PEV apresentou projetos de referência em Madeira Lamelada Colada Cruzada (MLCC) e *Cross Laminated Timber* (CLT), comentando sobre dimensionamento, soluções para estruturar o piso e nomenclatura das peças, além de alguns itens a serem pensados para a proteção da madeira (mantas e peças de sacrifício). Duas das sugestões mais relevantes foram que o pavimento térreo do edifício fosse projetado de maneira a proteger o sistema estrutural superior da umidade do terreno e que fosse previsto um núcleo de circulação (*core*) vertical, ambos em concreto armado. Também foi apresentado o índice do volume da madeira dividido pela metragem quadrada do projeto, uma forma de visualizar se a estrutura estaria robusta demais, a fim de incentivar a economia e consumo sustentável do material.

Os estudantes comentaram em sala que, nas disciplinas de estrutura, as características da madeira foram abordadas rapidamente e que não chegaram a estudar o dimensionamento em MLC ou CLT, levando o PEV a apresentar uma tabela a ser utilizada para pré-dimensionamento básico de estruturas com um limite de até quatro pavimentos. Ao término de algumas aulas vários discentes procuravam o professor de Estruturas buscando assessorias para o projeto ou para tirar dúvidas sobre quais materiais poderiam ser utilizados em cada caso. Essa necessidade por parte dos estudantes indica uma lacuna dos momentos destinados a orientações das estruturas no início do processo.

Pensando nisso, após a aula da Apresentação 1 dos projetos (escolha e localização do terreno, programa e plano de massa), a docente exemplificou os sistemas usados em edifícios verticais usando a classificação estabelecida por Henio Engel (ENGEL, 2001) e os estagiários selecionaram os trabalhos para discussão e assessoria coletiva com o professor visitante. Nem todos os projetos receberam orientações por conta do tempo da aula, porém essa seleção procurou identificar aspectos estruturais que se aplicavam a vários deles e que foram comentados e desenhados sobre a projeção no quadro negro.

Em um segundo momento, durante as orientações de projeto, comentou-se em especial sobre: 1- áreas superdimensionadas de circulação; 2- inserção do *core* em CA; 3- cálculo de insolação e ventilação; 4- volumetria x distribuição dos pilares (possibilidade de troca por paredes em *Massive Timber*); 5- a não obrigatoriedade de seguir a altura máxima do edifício determinada pela legislação; e 6- a definição do programa. Foi possível perceber que algumas das equipes apresentaram estudos volumétricos que não eram exatamente edifícios verticais, com média de cinco pavimentos, principalmente porque estavam apreensivos quanto ao impacto no local. Por outro lado, alguns estudantes se mostraram preocupados por estarem “presos” demais à disciplina de patrimônio e não cumprirem a exigência de ser um projeto vertical ou não estarem aprendendo sobre como projetá-lo.

Nessa fase, procurou-se trabalhar a volumetria proposta de cada grupo com o propósito de conversar com o PEV na aula subsequente. Percebeu-se que a maior parte trabalhou com o *Sketchup*, algumas equipes utilizaram croquis e uma delas produziu uma maquete. Assim como em outros projetos, vê-se um pavimento em CA que serve como base e uma torre de circulação que ajuda o edifício em madeira a suportar as cargas horizontais.

Sobre o processo de projeto dos discentes, identificou-se que um dos grupos, com um terreno mais em declive, pensou na estrutura em conjunto com o programa e gerou módulos que foram reproduzidos em pequenas peças de madeira e os auxiliaram no momento de concepção. Esta etapa do processo de projeto da equipe foi posterior à Apresentação 1, na qual procuraram compreender melhor como estruturar o edifício, de modo que integrasse as duas ruas atravessando o quarteirão

e acompanhasse sua topografia. Entretanto, eles se mostraram um pouco presos à ideia inicial que haviam apresentado anteriormente.

Observou-se que existiu certa separação entre as assessorias de projeto e as de estruturas, e isso não apenas pela diferença dos dias e horários das aulas. As primeiras eram mais demoradas e tratavam também da concepção estrutural; já as segundas, com horário determinado devido ao número de equipes a serem atendidas, abordaram mais questões técnicas. Por outro lado, em uma das orientações, o PEV comentou sobre o uso do Projeto Mola e como seria importante para algumas das explicações sobre o comportamento estrutural da madeira. Também foi importante entender o papel do monitor no processo de projeto dos estudantes: como discente de engenharia já no final da graduação e inserido no programa de dupla formação com Arquitetura, ele esteve presente em quase todas as aulas e trouxe várias ideias e soluções estruturais, dando suporte também nos elementos em concreto armado.

Durante a orientação de uma das equipes surgiu a questão de que, antes, dentro da disciplina, se lançava a estrutura de um edifício vertical pensando nas vagas de estacionamento, com uma modulação de 5mx5m – medida para caber duas vagas de garagem, o que mudou com a troca de docentes em Projeto IX. Atualmente, procura-se mostrar aos estudantes que existem novas maneiras de pensar o edifício vertical: por exemplo, em uma cidade como Londres, que não permite o uso de pavimentos de garagem como estímulo ao uso do transporte público e à uma mobilidade mais sustentável, não seria pertinente aplicar essa prática antiga em sala de aula e que, conseqüentemente, liberta a concepção estrutural para novas agendas.

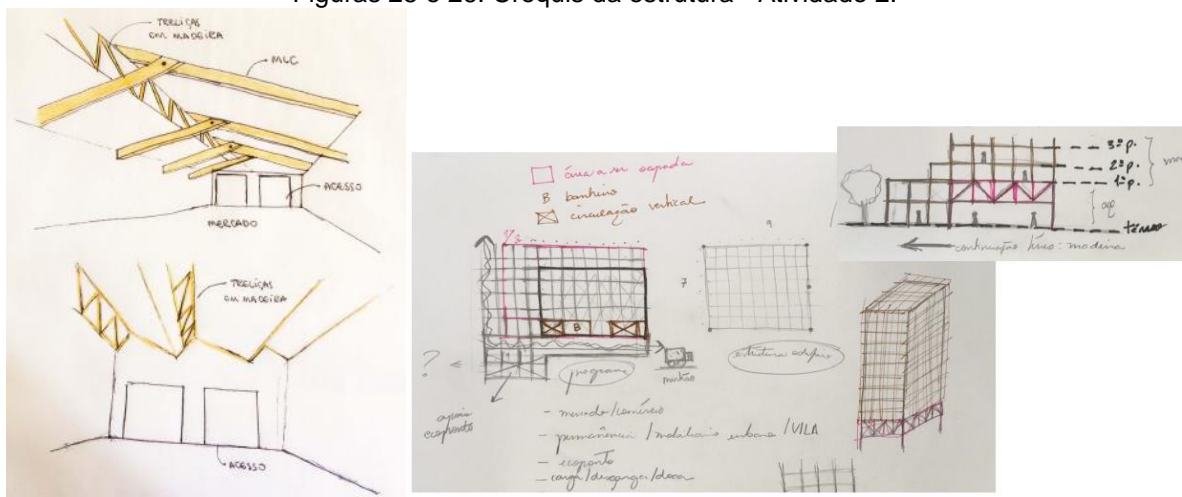
Ao final, todos os grupos trabalharam alternadamente entre desenhos em croquis e no computador. A maior parte deles utilizou o *Revit*, alguns utilizaram o *Sketchup* e apenas um dos grupos usou o *Autocad* no processo de projeto. É interessante observar que, em alguns casos, os modelos virtuais dos estudantes não consideravam a força gravitacional, o que mostra um pouco da sua desatenção quando se trata de conceber a estrutura.

Um dos pontos discutidos durante as orientações foi que os estudantes estavam um pouco presos ao sistema viga e pilar e que vários deles se assemelhavam a projetos concebidos em CA. Nesse sentido, os discentes foram ensinados que o material construtivo deve ser a primeira definição de um projeto arquitetônico,

portanto, deveriam pensar no edifício e considerar a madeira engenheirada, desenhar e descobrir em quais elementos os esforços iriam atuar. Uma das perguntas da docente durante as discussões foi: “Você consegue enxergar esse esqueleto sendo construído?”. Assim apontou outros itens que precisavam ser resolvidos e pensados pelos estudantes: o tamanho, ou seja, as dimensões, a modulação, como a laje dos pavimentos também pode trazer a estabilidade horizontal e como usar o núcleo de CA como apoio e diminuir as vigas, assim reduzindo o índice do volume da madeira.

Na Atividade 2 foi proposto que discentes identificassem quais seriam os principais sistemas e materiais utilizados no projeto dentre todos os apresentados nas aulas anteriores e com base na bibliografia cedida: “O custo das decisões arquitetônicas”, de Juan Luis Mascaró, e “*Refabricating Architecture*”, de Stephen Kieran e James Timberlake. É importante observar que na maior parte dos trabalhos os estudantes não se limitaram a descrever o projeto e seus materiais, e que dos 13 trabalhos, 12 apresentaram croquis e esquemas construtivos mais elaborados. Isto mostra que a exigência dessa atividade serviu de impulso para as definições estruturais que ainda estavam pendentes.

Figuras 25 e 26: Croquis da estrutura - Atividade 2.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

Figura 27: Volumetria da estrutura - Atividade 2.

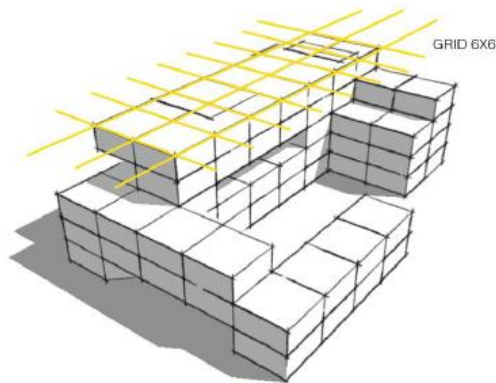


perspectiva da volumetria

Vista frontal - Rua Sales de Oliveira

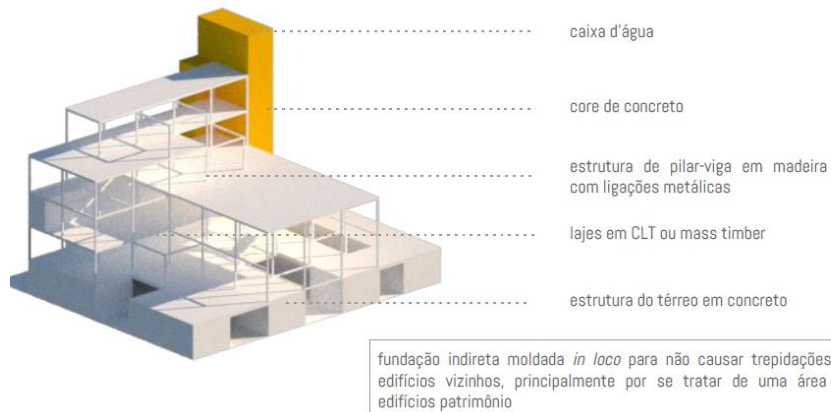
Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

Figura 28: Perspectiva da estrutura - Atividade 2.



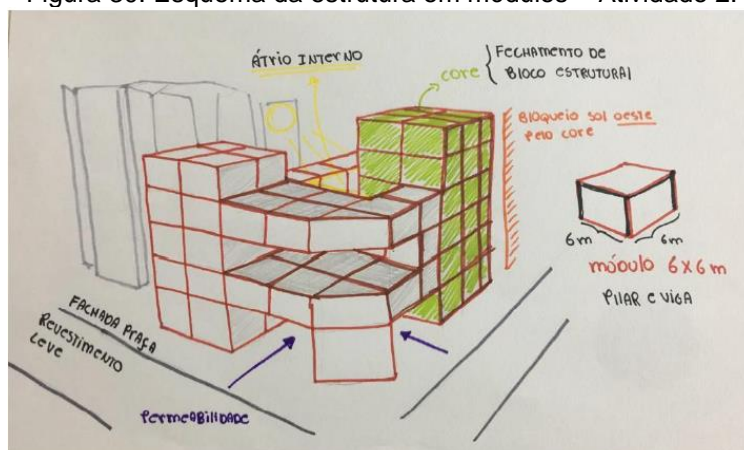
Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

Figura 29: Perspectiva e especificação dos materiais – Atividade 2.



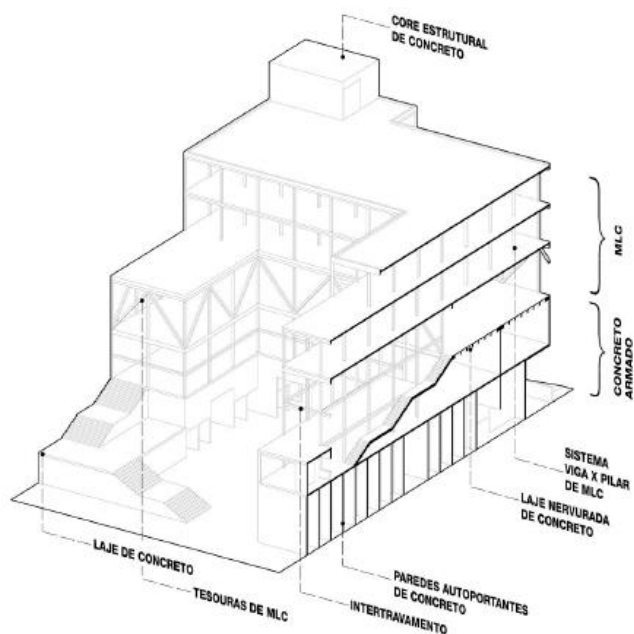
Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

Figura 30: Esquema da estrutura em módulos – Atividade 2.



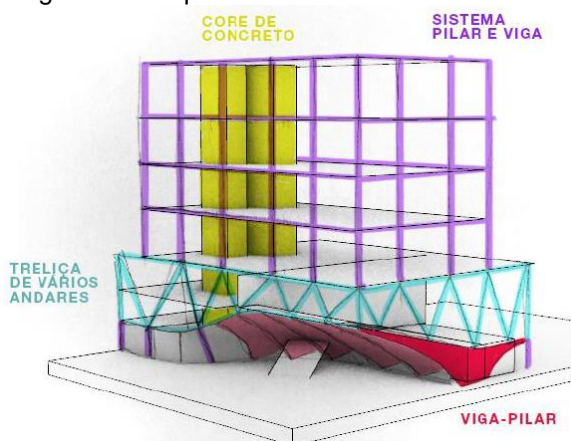
Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

Figura 31: Perspectiva cortada e especificação dos materiais – Atividade 2.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

Figura 32: Esquema da estrutura – Atividade 2.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

Após esta etapa, houve uma aula sobre detalhes do projeto arquitetônico como conceito e foi explicado que não se exigiriam todos eles, mas os que fizessem parte da composição arquitetônica de cada grupo, que pudessem contar uma história e não fossem apenas executivos. Como parte do trabalho final, os estudantes deveriam definir o “conceito estrutural” onde os detalhes das junções seriam mais relevantes e com os quais o PEV poderia contribuir. Nesse momento foi cobrada uma maquete física (exigência para o trabalho final), com o propósito de aprofundar as orientações com o PEV, porém percebeu-se que as equipes não seguiram a sugestão e só a produziram no final do semestre.

Na maior parte dos casos, os edifícios eram comerciais ou empresariais e quase todos os projetos tinham como proposta deixar o térreo livre, diminuindo a quantidade de pilares e um pé direito duplo. Conseqüentemente, os pilares e vigas em CA do térreo deveriam ser mais robustos e com travamento por conta da altura, com vigas vagoão ou treliçadas em madeira para suportar os vãos de até 12m e as cargas verticais dos pavimentos superiores, o que resultou em duas modulações distintas. A professora de projeto chegou a alertar os discentes sobre o risco de conceber um prédio e depois retirar os pilares, que deveriam pensar no projeto como um todo e, assim, desenhar uma viga para aquele vão. Do mesmo modo, a transição do concreto para a madeira foi um dos pontos cobrados durante a orientação. Outro ponto comentado nessa etapa foi que a estrutura em madeira deveria ser revestida e não poderia ficar exposta às intempéries, o que poderia ser resolvido afastando um pouco os pilares da fachada ou através de peças de sacrifício em madeira, vidro ou alvenaria.

Ao final da Apresentação 2, prevista no Plano de Curso, a professora de Projeto levantou a questão sobre o tipo de concepção *versus* o tipo do material construtivo, já que alguns projetos lembravam estruturas em CA, com pilares e vigas expostos e paredes de alvenaria, que poderiam ser facilmente confundidos quando se visualizavam os cortes. Isso remete ao hábito adquirido durante a graduação e do qual os estudantes não conseguiram se desvencilhar, como se fizessem a estrutura pensando no material com o qual têm maior afinidade. Para ela, algumas equipes necessitavam rever as dimensões dos elementos estruturais das fachadas, porque a resistência física nem sempre condiz com a “resistência psicológica” (ou, como me

refiro, o “sentimento estrutural”), neste caso, a sensação de instabilidade quando se olha para o edifício.

Segundo os docentes, em um dos projetos houve tantas adequações para encaixar o programa, que cada fachada remetia a uma personalidade e a decisão de um conceito estrutural poderia garantir a unidade estética do edifício. O desenvolvimento do interior para o exterior é que pode ter prejudicado, o que acarretou um distanciamento da volumetria inicial. Comentou-se que esses projetos nascem parecendo uma reforma, como se tudo dependesse da combinação dos ambientes e isso fosse o mais importante durante o processo. Os estudantes, neste caso, poderiam refletir da seguinte maneira: “Como o meu projeto pode ser construído aproveitando que será em madeira?”. Pensar no edifício partindo da planta baixa deixou algumas equipes apreensivas em quebrar a modulação ou mudar o sistema pilar e viga em determinados trechos.

Para o trabalho final, os discentes deveriam ter em mente alguns itens: 1- a madeira não pode estar em contato direto com o solo, pois a umidade diminui consideravelmente a sua vida útil; 2- deve-se prever o uso de mantas, revestimento ou peças de sacrifício para a fachada; 3- o desenho das estruturas em madeira é diferente das em CA, pois a madeira trabalha, isto é, ela expande e retrai, necessitando de elementos de dilatação e chapas rígidas podem causar trincas; 4- existem detalhes para junções entre vigas e pilares, normalmente elementos metálicos, que podem interferir no conceito do trabalho. Todas essas exigências foram apresentadas aos estudantes durante o semestre, mas em alguns casos foram negligenciadas na Apresentação 2, devendo ser revistas até a entrega final do projeto.

Um dos grupos desenvolveu um projeto mais ousado em relação à estrutura em madeira, onde se pensou, durante o processo, em atirantar todo o edifício, que chegaria a 12 pavimentos. No entanto, depois se optou por uma solução com um core mais robusto, que pudesse trabalhar junto com vigas treliçadas e peças para contraventamento, que poderiam ser parte do peitoril do pavimento. Acredita-se que este foi o projeto com maior dificuldade em relação à concepção estrutural, pois utilizou uma gama de esquemas, croquis e versões para chegar a um produto final. O desafio levou a equipe a compreender o transporte das cargas até o solo e a contribuição de vários sistemas para essa tarefa.

Percebeu-se que os estudantes que trouxeram esquemas estruturais no *Sketchup* foram mais bem assessorados pelo PEV. A facilidade de rotacionar o edifício foi favorável ao entendimento do projeto. O PEV explicou que, baseado nas conversas com os discentes e vendo quais eram as dúvidas, poderia adequar as demais aulas e trazer novas ideias e materiais. Já na visão da docente, os projetos plotados facilitam a concepção e a orientação em conjunto, utilizando também o papel manteiga, porque ganham maior autonomia de desenho e maior fluidez do processo de projeto em equipe. Acredita-se que a diferença está em cada tipo de orientação: o PEV procurou resolver problemas e dar soluções a algo específico como a estrutura, já a docente da disciplina entende o projeto como um todo, espaço, estrutura, iluminação, ventilação, entre outros, o que se torna mais livre e descomplicado com desenhos a mão livre.

Em resumo, a concepção estrutural em edifícios altos torna-se um dos aspectos mais importantes durante o processo de projeto, porém, o meio urbano, a integração com uma disciplina de Técnicas Retrospectivas e o material construtivo escolhido não foram favoráveis à verticalidade, gerando certa frustração nos estudantes. Por outro lado, levando em consideração novas necessidades e perspectivas nas cidades atuais e sem o requisito limitador de uma modulação para os pavimentos de garagem, houve maior liberdade de concepção arquitetônica. Em segundo lugar, as atividades auxiliaram os discentes nas etapas do processo de projeto, sendo direcionados pelos tópicos que deveriam ser tratados na disciplina. Aparentemente, esse recurso funcionou bem em se tratando de um pensamento voltado para estruturas, uma vez que os discentes já possuíam um estudo volumétrico, o programa e muitos deles já trabalhavam na Planta Baixa, ajudando-os a pensar nos encaixes e junções dos elementos de suporte do edifício (Atividade 2). Por fim, acredita-se que, pela formação do professor, as orientações de estruturas contribuíram para o desenvolvimento da concepção estrutural nos projetos dos discentes, sugerindo opções de vigas vagoão para aumentar o vão e diminuir a quantidade de pilares ou simplesmente aperfeiçoando a proposta da estrutura do edifício. Todavia, na maior parte do tempo, tratou-se apenas de dúvidas sobre os materiais: como eram os encaixes e quais detalhes poderiam ser utilizados para se chegar a um projeto passível de ser executado em madeira, diferente das orientações

com a professora de Projeto, onde os estudantes eram incitados a projetar novas soluções.

Como parte integrante desta pesquisa, a observação direta serviu para uma melhor compreensão do processo de projeto dos discentes e da atuação dos professores da disciplina e demais estagiários e monitores. Algumas indagações foram feitas durante esse momento e a entrevista com os discentes e docentes serviu para criar percepções e endossar o debate sobre o ensino da estrutura como problemática atual na disciplina de Projeto de Arquitetura.

### **4.2.3 Entrevista coletiva com os discentes**

Como terceira etapa da análise da disciplina de Projeto IX, a entrevista feita de forma coletiva teve a participação de 20 estudantes, após a aula. A maior parte dos entrevistados respondeu às perguntas e cooperou com o debate, que teve duração de quase 30 minutos.

Na primeira pergunta, a maioria respondeu positivamente se as disciplinas anteriores favoreceram o desenvolvimento do trabalho de Projeto IX. Alguns comentaram que essa evolução durante o curso agrega conhecimentos ao ato de projetar, especialmente em relação ao conforto térmico e lumínico e à estrutura. Os métodos de projeto aprendidos durante os módulos anteriores a essa disciplina também auxiliaram na concepção do edifício vertical em equipe. Já na segunda, perguntou-se qual o foco principal do módulo, os estudantes responderam que derivou de cada grupo, o que confirma as escolhas da docente em deixar o processo de projeto mais livre (Observação direta). Uma das equipes afirmou que o programa teve uma ênfase maior no desenvolvimento do edifício quando comparadas as apresentações dos Seminários e Atividades dos outros projetos, trabalhadas por alguns com mais afinco nas questões estruturais, enquanto outros priorizaram os aspectos de conforto ambiental.

Quando questionados sobre o grau de influência da estrutura no desenvolvimento do projeto, vários estudantes responderam que foi total; e que se comparadas às outras disciplinas, “com certeza” nessa ela teve uma maior contribuição. Sobre a maneira que ela influenciou, os discentes responderam que, desde o começo do processo, exigiu-se a utilização da madeira como sistema construtivo pré-definido e, segundo eles, diferente dos semestres anteriores em que

a prática era pensar no material depois de iniciado o projeto. Sobre em qual momento pensaram mais na estrutura, se no processo como um todo ou se houve um momento chave para a concepção, uma das equipes alegou ter sido quando iniciou a disposição dos ambientes; a partir de um *grid* foi possível pontuar a localização dos pilares. Um dos grupos identificou que o momento em que mais pensou na estrutura foi após a primeira apresentação, quando já tinham uma forma e um programa básico e tentaram inserir o edifício no terreno. Outra equipe estabeleceu que, nesse aspecto, simultaneamente a forma (plano de massa), e acredita que ele esteve presente durante todo o processo:

No nosso caso, já foi o contrário, do zero a gente já foi pensando na estrutura(...) tudo a gente ficava adequando de acordo com o que a gente queria, porque a gente montou a estrutura de acordo com a forma que a gente criou mais ou menos, estabeleceu um *layout* bem básico e aí a gente montou isso, daí o máximo que a gente fez foi redimensionar os pilares e ir brincando com como seria a fachada do prédio. Mais assim, a forma já estava estabelecida por causa da estrutura. (Entrevista coletiva – Estudante de Projeto IX).

Na avaliação dos discentes sobre a concepção da estrutura dos projetos, um deles argumentou que, apesar de ter sido bastante definidora do projeto, ela não foi seu fio condutor, e que sentiu falta de mais assessorias sobre o tema, já que os atendimentos foram prejudicados pela quantidade de aulas sobre a utilização da madeira. É importante ressaltar que todos os estudantes comentaram que a presença do professor visitante foi necessária no desenvolvimento do projeto. Porém, algumas observações foram feitas a respeito da organização das aulas: primeiro, assessorias muito rápidas, pois apenas algumas aulas foram reservadas para tal e uma grande quantidade de equipes; segundo, algumas das aulas deveriam ser antecipadas, porque o projeto se iniciou antes e eles afirmaram não ter a base teórica para projetar em madeira. Foi esclarecido que esse pensamento lógico adquirido no meio do semestre, resultou em novas soluções para a estrutura em madeira, mas a ideia já estava muito avançada para ser alterada devido ao tempo para a entrega dos trabalhos.

A maioria dos estudantes afirmou que a utilização da madeira não foi uma experiência ruim, entretanto, se fosse o concreto, por exemplo, teria explorado bem mais o material devido à sua familiaridade e conhecimento prévio do sistema construtivo, especialmente do seu comportamento estrutural. Então, parte deles

acredita que uma maior explicação nesse sentido poderia ter contribuído para a melhor elaboração dos projetos, do ponto de vista da integração da arquitetura e da estrutura (“no caso, a gente fez um monte de prédio quadrado”). Contrariamente, outro grupo afirmou que o uso da madeira talvez tenha liberado a criatividade para novas ideias e que houve certa iniciativa ao procurar saber como projetar os encaixes e detalhes, pensando sempre a partir das características e desenhos dos elementos de suporte e, por fim, levando a equipe a cumprir os requisitos indicados pelo PEV e referências bibliográficas.

Dos principais comentários feitos pelos discentes sobre as aulas destinadas a estruturas de madeira, o primeiro foi que talvez não fossem necessárias todas as aulas sobre o sistema estrutural antes de projetar, já que no processo de projeto não é essencial uma perspectiva tão detalhada do que se pretende desenhar e, quem sabe, duas aulas sobre o sistema fossem suficientes para o início das atividades projetuais.

Comentou-se também que o aprendizado foi mais eficiente nos momentos em que houve pesquisa e aplicação do conteúdo do que nas aulas tipo palestras, e que a concepção do projeto simultaneamente a essas aulas não funcionou bem. Um terceiro comentário foi que poderia ter havido um número maior de assessorias na etapa inicial, ou seja, algumas das aulas expositivas poderiam ter sido programadas para o final do semestre. Neste caso, eles afirmaram ainda que os conteúdos necessários no início do período foram explicados após a primeira apresentação dos trabalhos, quando os estudantes já estavam com uma forma e um programa definidos. Por fim, acrescentaram que alguns temas das aulas não fizeram muito sentido, pois abordavam os aspectos microscópicos da madeira, como a composição celular ou o seu tratamento contra pragas. Uma das alunas explicou que só compreendeu as características do comportamento estrutural decorrente destas especificidades no final do semestre, quando o PEV mostrou de maneira mais aplicada em um dos seus projetos as causas de uma patologia de uma viga em madeira. Para ela, deveria haver mais diálogo entre a teoria e a utilização do material em projetos executados, como mostrado no final do período letivo.

Acho que o que faltou mesmo foi essa relação da gente se sentar com o PEV e desenvolver o projeto com ele, desenhar junto com ele (“olha, ‘tô’ pensando nesse detalhe, como a madeira faz com o meu projeto, como isso acontece?”), essa assessoria, esse desenvolvimento desse detalhe, acompanhar o processo realmente do projeto. Evoluiria muito mais o nosso

conhecimento assim, em nível de detalhe. (Entrevista coletiva – Estudante de Projeto IX).

Sobre a relação entre a escolha do material e a escolha da área estudada, um dos discentes comentou que achou a iniciativa positiva, porque estimulou o seu grupo a pesquisar mais sobre estruturas de madeira e, talvez, não havendo essa restrição, não teriam optado pelo material e não teriam a chance de aprender sobre ele. Outro estudante afirmou ter sido favorável, especialmente por ser algo diferente do que estavam acostumados e que, devido às particularidades do terreno selecionado e por se tratar de uma zona industrial, talvez não optassem pela madeira. Segundo eles, tal restrição fez com que surgisse um pensamento voltado para esse tipo de sistema estrutural desde o levantamento do entorno até a concepção arquitetônica do edifício. Contrariamente a esses estudantes, outros informaram que gostariam de ter mais liberdade de escolha dos materiais que poderiam usar nos seus projetos, por se encontrarem no final do curso.

Do ponto de vista da integração com a disciplina de Técnicas Retrospectivas, foi levantado o problema de que tais assessorias sobre o projeto atrapalharam os momentos de concepção arquitetônica e estrutural (todos concordaram). Um dos grupos comentou que, por conta delas, decidiu trocar a escolha do terreno e, por esse atraso, terminou definindo um *grid* provisório para a entrega da primeira atividade, o que, somado à falta de conhecimento prévio das estruturas de madeira e ao pouco tempo de concepção e pesquisa do material, resultou em um sentimento de prisão criativa, sem muitas opções além do sistema pilar e viga.

Os discentes comentaram que, além da madeira, a integração entre as disciplinas restringiu algumas características do projeto, por exemplo, a verticalização dos edifícios. Eles acreditam também que os docentes deveriam ter escolhido entre limitar a escolha do material construtivo ou limitar a área do terreno na disciplina, porque dentro da área estudada qualquer terreno seria um potencial limitador da criatividade projetual ou da verticalidade. Para eles, essa integração foi negativa, por fugir da proposta de Projeto IX.

Um aspecto levantado por um dos estudantes foi que, devido às dimensões das estruturas em concreto semelhantes às da madeira laminada colada, além de algumas equivalências do comportamento estrutural com o aço, o material não foi um condicionante rígido no processo de projeto. Para ele, talvez a estrutura em aço

estivesse mais de acordo com o projeto, pois o conteúdo transmitido durante as aulas de estruturas foi insuficiente para entender qual a melhor forma de utilizar a madeira. Sendo assim, projetar com esse tipo de material foi positivo, pois foi uma oportunidade de aprendizado mais aprofundado dessas estruturas na graduação, mesmo que alguns grupos tenham apresentado trabalhos mais condizentes com as estruturas em aço. Houve um comentário no debate de que, em uma das avaliações, a docente relatou que o projeto indicava que as alunas o haviam feito pensando-o como se fosse em concreto e, conseqüentemente, a equipe afirmou ter a sensação de não haver explorado bem as características de versatilidade da madeira. Isso foi percebido bem próximo à data de entrega, e comentou-se que resultou em um momento de frustração para o grupo, já que não haveria tempo para alterar e evoluir o projeto. Como a aluna já havia dito:

(...) se eu soubesse antes como o material funcionasse um pouco melhor, ou se eu tivesse e pudesse ter tido a oportunidade de começar o projeto algumas semanas antes, depois de saber direito como é que ele funcionava, saber referências, saber as estruturas que já existem e tudo mais, acho que talvez eu teria começado de uma forma diferente e teria trabalhado o material de um jeito mais direcionado assim (...). (Entrevista coletiva – Estudante de Projeto IX).

Voltando a este caso, alguns dos estudantes comentaram que o atendimento com o PEV foi essencial, porque ele esclareceu sobre os elementos estruturais necessários para realizar a estrutura sobre a qual os estudantes estavam pensando e, em alguns casos, apresentou quais seriam as opções para vencer um grande vão, por exemplo. No entanto, outro grupo indicou que sentiu certa dificuldade, porque a partir da apresentação do projeto – que tinha uma solução viga-pilar provisória, já foram solicitados os detalhes da estrutura, sem a oportunidade de concepção de novas soluções em conjunto.

Uma das equipes comentou que a questão do cronograma também foi um problema no momento de concepção, pois deveria apresentar um plano de massa após o levantamento e, para isso, seguiu algumas restrições impostas pelo próprio terreno, um limitador mais intenso do que a estrutura em madeira e a limitação de altura por se tratar de uma área histórica. Sobre as atividades em sala de aula, um dos grupos comentou que foram demasiadamente cansativas e não contribuíram para o processo, já que, eventualmente, precisaram refazer os exercícios para a entrega final. Discutiu-se também sobre o momento de restrição, se no início do curso ou no

final, pois entende-se que, nos primeiros semestres, os discentes ainda necessitam aprender sobre a técnica, ou seja, é a fase de exploração (aprender-fazendo) e que, talvez, o momento ideal para aplicação dessas restrições sejam os últimos semestres, quando os estudantes terão mais experiência, facilidade de pesquisa e entendimento sobre o processo de projeto.

Em resumo, em decorrência da liberdade de escolha do programa do edifício a ser trabalhado, além da livre opção pelo terreno na área selecionada, e mesmo com a restrição do material construtivo à madeira, compreende-se que nem todos os grupos consideraram como aspecto essencial do processo de projeto o sistema estrutural. Conforme discussão, os estudantes afirmaram que algumas equipes conseguiram integrar melhor as estruturas com a arquitetura durante o semestre do que outras. Nesse sentido, a maior parte dos discentes considera primordial a presença de um professor experiente no assunto e vários acharam muito positiva a contribuição do PEV, sendo essa uma oportunidade ímpar de aprendizado desse tipo de material. No entanto, foi levantada a questão de que alguns conteúdos das aulas destinadas às estruturas de madeira podem ter sido desfavoráveis, porque trataram de aspectos pouco úteis ao processo de projeto. Por fim, constatou-se a liberdade de escolha dos princípios condutores do projeto, tanto na observação quanto na entrevista. Visando entender melhor os pontos positivos e as dificuldades identificadas pelos discentes, atenta-se agora para o discurso do professor de projeto e do professor especialista visitante.

#### **4.2.4 Entrevista com os docentes**

Compreende-se que a análise do discurso dos docentes pode indicar como o processo de reflexão-na-ação recíproca (SCHÖN, 2000) pode ter contribuído com o aprendizado dos estudantes, já visto na observação da disciplina. As entrevistas com os dois docentes de Projeto IX foram realizadas separadamente, sendo a primeira presencial e a segunda por videoconferência.

##### **4.2.4.1 Entrevista com a docente de Projeto**

A entrevista com a docente de projeto durou cerca de 30 minutos, foi individual e gravada por áudio. Em primeiro lugar, sabe-se que a coordenação do curso de Arquitetura da UNICAMP vem tentando uma maior integração entre as disciplinas de cada semestre e, por isso, conversou-se sobre a influência das disciplinas de

Tecnologia e a inserção dos conteúdos no ateliê de projeto, a decisão de implementar a madeira e o processo de cada grupo em Projeto IX e como aconteceu a concepção estrutural durante o semestre. A entrevistada também indicou sugestões de melhoria nas aulas ofertadas pelo PEV e algumas questões que prejudicaram o desenvolvimento dos trabalhos.

A partir de uma reunião pedagógica na UNICAMP, como colocado pela docente, é comum os professores de tecnologia (como o de instalações elétricas) dizerem para os discentes aprenderem a calcular todas as tomadas; como em um semestre não há tempo para desenvolver um prédio, eles têm de fazer um sobrado. Este seria um problema geral do sistema, porque determina o que deve estar nas Ementas, o que restringe tais professores, que afirmam não poder falar sobre assuntos mais abrangentes ou conceituais, pois têm um conteúdo a ser transmitido e não há tempo suficiente para ele. Nesse caso, a docente acredita que o mesmo acontece com os professores de Estruturas e é provável que estejam preocupados.

(...) mas eu acho, assim, que eles estão preocupados se o aluno vai saber calcular exatamente aquela viga, aquele pilar, então, pra que isso seja possível dentro do prazo de tempo que ele tem de disciplina, e pra que ele atenda aquelas palavras que estão na ementa, ele faz, “bom, então pra eu calcular isso não vai dar pra fazer um edifício grande, eu vou ter que pegar um sobradinho e vou ensinar pra eles como é que faz um sobradinho”. Então eles até aprendem a fazer o cálculo, pra aquela viga, pra aquele pilar, mas se sair daquelas vigas, daquelas lajes retangulares, daquele grid retangular, o aluno já vai ficar completamente perdido. Então eu acho que isso é o que acontece em geral; eles têm uma preocupação em chegar num nível de conhecimento, digamos assim, supostamente avançado, dentro de um sistema simplificado, em vez de chegar num nível menos avançado, mas pra sistemas mais variados, e isso fica muito presente na hora que você vai fazer o edifício e vai cobrar deles algum conhecimento estrutural (...) porque tem algumas equipes que vão pelo mais seguro e se restringem àquela coisa, àquela ortogonalidade dentro mais ou menos daquilo que eles aprenderam, e tem aqueles que vão se aventurar, mas você vê que alguns conceitos ficam completamente inexistentes. Então, é isso que eu vejo, que, então, talvez o melhor seria que eles tivessem menos aprofundamento e mais amplitude no ensino de Estruturas. (Entrevista – Docente de Projeto IX).

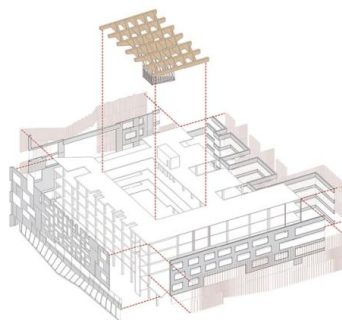
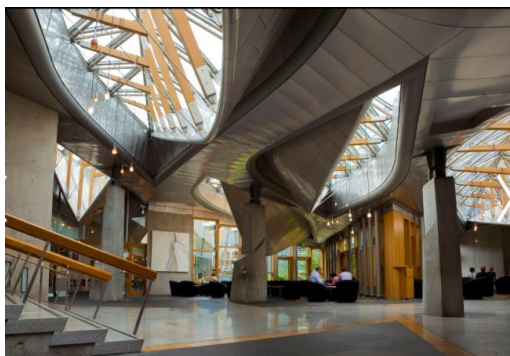
Quando questionada se os estudantes priorizaram a concepção estrutural durante o processo de projeto, ela respondeu negativamente, informando que a aula sobre conceito estrutural – na qual foi citado Henio Engel (ENGEL, 2001), deveria ser uma retomada de sistemas estruturais diferentes e que esse conhecimento poderia ter sido adquirido anteriormente, o que complicou ainda mais por estarem trabalhando com a madeira, já que sobre este material tiveram ainda menos conteúdos.

Sobre o processo de projeto dos estudantes ser similar a um desenvolvido em concreto, a docente comentou que isso foi claro; primeiro, projetaram como se fosse em concreto e depois aplicaram a madeira. A professora levantou a questão sobre como mudar o comportamento dos discentes nesse aspecto, ainda mais estudantes com o quinto ano em curso. Citou então o livro do Novo Estruturalismo, de Rivka e Robert Oxman, do qual apresentam a seguinte ideia: “e se a gente começar com a forma e depois o material, a gente começasse com o material, entendesse como o material pode ser estruturado e depois chegasse na forma?”. Aplicando essa ideia ao curso, ela comenta que talvez melhorasse a compreensão dos discentes sobre os materiais, também do ponto de vista morfológico, e que poderia levá-los a sistemas estruturais que lhes fossem mais adequados. Pensar primeiro em qual material será utilizado para, em seguida, partir para uma concepção mais profunda. É entender inicialmente quais as propriedades em determinadas disciplinas, antes até de ver resistência dos materiais do ponto de vista de cálculo, ou seja, realizar experimentos em concreto, madeira e aço em laboratórios. Assim, talvez já nesse momento, os estudantes descobrissem a excelente resistência da madeira, por exemplo, sua flexibilidade para acomodar tensões, como também, sua recuperação elástica, e passassem a entender as propriedades dos materiais isoladamente para depois decidir quais as melhores maneiras de estruturar um edifício. Esse é o pensamento do Novo Estruturalismo, o que, segundo ela, exigiria uma grande mudança na ordem apresentada pelo currículo.

Para ela, a organização atual do curso é muito baseada na maneira tradicional modernista, que é de primeiro pensar o edifício para só depois aplicar os materiais e, por conta disso, é indiferente se a ideia inicial era de um pilar de madeira ou se, simplesmente, foi colocado um pilar de concreto revestido de madeira, porque se trata apenas da aparência externa. Conforme conversado com a docente, percebe-se um pouco disso também no PEV, especialmente em decorrência da sua clientela e da maneira como os arquitetos usam a madeira. Muitas vezes, no modo proposto na aula de cálculo estrutural, ele apresentou mais estruturais pilar e viga, por ser a maioria dos trabalhos trazidos por sua clientela. Por outro lado, ela afirmou saber como é mais complicado calcular estruturas livres e com outras conformações, porém, “se você chega e já de cara apresenta como você faz com viga e pilar, você um pouco orienta os estudantes a fazerem os sistemas de viga e pilar”.

Acrescentou que as aulas sobre o material foram muito positivas, entretanto, poderiam ter realizado experimentações com formas diferentes. Por exemplo, um dos conteúdos não apontado como possibilidade nessas aulas foram as estruturas em madeira e cabos de aço que usam o sistema *tensegrity*. Entendem-se a diferença e a complexidade de cálculo estrutural desta segunda e se o PEV já havia realizado algo do tipo ou, mesmo, se saberia realizar, entretanto, poderiam ter sido apresentados exemplos como o Parlamento Escocês (vigas em *tensegrity*) ou a Cobertura da Escola de *Design* da Universidade de Melbourne (onde o telhado do grande átrio é todo feito com treliças de madeira, de um grande vão e de grande altura) (Figuras 26 e 27). Assim, poderia ter incentivado os estudantes com estruturas mais arrojadas, para que se sentissem mais à vontade para desenvolvê-las.

Figuras 33 e 34: Parlamento Escocês e Cobertura da Escola de Design da Universidade de Melbourne.



Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/791969/classicos-da-arquitetura-parlamento-escoces-enric-miralles>; <https://www.archdaily.com.br/br/772058/escola-de-design-da-universidade-de-melbourne-john-wardle-architects-plus-nadaaa>.

Já sobre a decisão de implementar a madeira como material construtivo na disciplina de Projeto IX, a docente disse ter sido influência do período que passou no MIT, em especial, da disciplina de *Mass Timber, Mass Housing*, na qual os estudantes tinham de desenvolver edifícios verticalizados usando apenas madeira como material construtivo, inclusive estrutural, a fim de gerar um adensamento no centro da cidade. A docente comentou que um dos principais incômodos na disciplina de verticalidade era a falta de sustentabilidade; ou propunha uma torre isolada como um marco referencial da cidade ou para resolver determinado problema específico, sempre evitando locais como complexos verticais, por saber que grande volume de edifícios muito altos na cidade gera vários impactos, tornando-os pouco sustentáveis. Dessa maneira, por que não pensar em aumentar a densidade de um centro urbano com uma altura média? Isto é, edifícios com uma média de sete pavimentos, que não

proporcionam problemas pela falta de insolação no térreo, nem questões referentes à mobilidade (por exemplo, Barcelona). Outro aspecto influenciador desta decisão foi o fato de dois doutorandos cujas pesquisas investigam estruturas em madeira participarem como PEDs.

Quando questionada se a participação do professor de Estruturas pode melhorar o aproveitamento dos estudantes em relação à concepção estrutural, a professora afirmou que sim, com certeza, e que isso poderia ser feito internamente, com um professor do próprio curso. Só que isso nunca aconteceu com um professor de Estruturas (engenheiro civil da casa), mas já com um professor de Conforto e, mesmo assim, apenas uma vez na semana. Afirmou que essa era uma demanda antiga da disciplina, mas que nunca aconteceu, e não sabe os motivos de a coordenação não ter atendido a essa solicitação, mas acredita que seja também uma questão de horários, porque, como o curso é noturno, e o curso de Engenharia Civil é durante o dia, seria difícil aumentar sua carga horária para o curso de Arquitetura. Citou um exemplo em que, uma vez, um dos professores do curso a convidou para uma primeira aula de um módulo de Estruturas, onde ela apresentou soluções estruturais correspondentes a cada material e suas diferenças dependendo de cada um deles, ilustrando com projetos de referência. Ao final do período letivo, foi chamada para conferir os trabalhos finais, feitos em *softwares* 2D e não 3D, um exercício de cálculo de vigas bastante abstrato, em sua opinião, igualmente questionado pelos discentes, que compararam a primeira aula com o trabalho onde não havia sequer um edifício, apenas um desenho esquemático da viga, o que foi justificado pelo professor de Estruturas (engenheiro mecânico) como sendo a única possibilidade dentro do tempo disponível.

(...) a gente é meio escravo da própria burocracia criada por nós mesmos, de ementa, o tempo da disciplina, de carga horária, e a gente mesmo depois vê que isso não tá resolvendo muito o problema. (Entrevista – Docente de Projeto IX)

Ela afirmou que, segundo o coordenador do curso, existe uma proposta de integração vertical, o que pode ser uma revolução para o CAU/UNICAMP (diferente da revisão feita a cada 5 anos e proposta pelo PPP). Ela também comentou sobre a sua proposta de integração com a disciplina de Patrimônio não ter sido bem sucedida, segundo avaliação semestral feita pelos estudantes. Nesse caso, citou que foi dado maior tempo a aulas teóricas do que a assessorias, por acreditar que os estudantes

precisavam ter maior noção das estruturas em madeira, material leve e mais adequado para construções em locais de preservação histórica.

Foi esclarecido também que a ideia inicial era de que o PEV participasse das aulas nas quartas-feiras, que dispunha de maior tempo em sala de aula, porém, isso não foi possível. Outro aspecto comentado foi a grande quantidade de discentes na turma, que já teve 20 estudantes em semestres anteriores (por conta do Ciências sem Fronteiras); mesmo com os monitores, a disciplina não estava dimensionada para atender tantos estudantes, o que acabou prejudicando a matéria. Nesse caso, seguindo os critérios da ABEA, seriam necessários três professores de projeto (um para cada 15 discentes). Sobre os PEDs e o PAD, cada um deles participou ativamente e de maneira focada em sua área de especialidade (por exemplo, um deles falou mais sobre conforto), mas, segundo a docente, ainda não possuíam muita experiência no atendimento dos discentes de projeto, o mesmo valendo para o PEV.

Sendo assim, entende-se, que na opinião da professora, há uma falha na inserção dos conteúdos de tecnologia da construção no ensino de projeto do CAU/UNICAMP, principalmente por conta das ementas e do tempo disponível para tais disciplinas. Consequentemente, os aspectos matemáticos nelas ofertados não foram suficientes para dar suporte aos estudantes na hora de integrá-los ao processo de projeto. A sua escolha dos sistemas estruturais em madeira, a localização em área histórica com conseqüente aproximação com a disciplina de Técnicas Retrospectivas e, ainda, a ideia de inclusão de um professor visitante de Estruturas, foram feitas a partir de uma experiência pessoal no MIT. De acordo com a docente, entende-se que essa ideia talvez tenha sido equivocada, pois, conforme avaliação dos discentes, eles esperavam por mais assessorias suas e menos conteúdo sobre estruturas de madeira, justificado por ela pela necessidade de os estudantes por maior entendimento do material. Por outro lado, alguns pontos foram levantados como negativos na disciplina de Projeto IX: a grande quantidade de discentes na turma, a indisponibilidade do professor visitante nas quartas-feiras (dia com mais horas disponíveis), alguns projetos apresentados por ele e, talvez, devido à sua formação, sua pouca experiência no ensino de projeto.

#### 4.2.4.2 Entrevista com o Professor Especialista Visitante

A entrevista com o PEV foi realizada por videoconferência e durou 16 minutos (ele só estava em Campinas para as aulas de Projeto IX e, nesta semana, não houve aula). Inicialmente, foi perguntado se aquela era a primeira oportunidade de ensinar numa disciplina de projeto de arquitetura e a resposta foi positiva. Sua opinião sobre a experiência foi muito favorável, porque achou diferente a abordagem junto aos estudantes, mesmo sem saber ao certo como funcionava a matéria, como era realizada, por só ter acompanhado a disciplina às sextas-feiras. Acredita que o trabalho final daria um *feedback*, por mostrar o conhecimento transmitido durante as aulas, em especial, os tipos de solução estrutural apresentados.

Como comentado por ele, o que ele viu na faculdade foi completamente diferente da Escola de Arquitetura; nas aulas de estruturas de madeira, aprende-se como calcular e como ela vai se comportar, que é o mais importante. Então, para ele, houve essa tentativa de passar primeiro um conteúdo sobre a anatomia da madeira, para que os estudantes entendessem como é o trabalho, o que é proposto, para decidir trabalhar com esse material pelas suas características mecânicas e não simplesmente pela estética. Conforme conversado, esse domínio dos materiais é importante para as propostas dos discentes.

Eu não acredito que madeira é a melhor solução, eu acredito que ela composta por outros materiais é a melhor solução, tem sempre um encaixe desse material nos projetos que a gente faz. Então, assim, o que a gente quis propor é totalmente diferente, acho, que do que eu tive, ou o que já tenho tido; o que a gente quis propor foi uma análise macro de como aquilo se comporta e como deve ser utilizado pra desenhar. (Entrevista – Docente de Projeto IX).

Segundo o professor, esse é um dos pontos mais importantes no ensino de estruturas em madeira, que é defasado nas faculdades não por falta de vontade, mas, principalmente, porque não existem muitos livros sobre construções e indústria em madeira, e esse contato com o meio acadêmico é muito importante. Comenta que teve professores durante sua graduação que trabalhavam na área e apresentavam muitas ressalvas ao que se tinha na bibliografia e sua comparação com a prática desse tipo de construção.

Em relação aos trabalhos dos estudantes e questionado se eles priorizaram a concepção estrutural, o PEV afirmou que sim, apesar da relutância de alguns em usar

o material e pensar algo diferente, “que é um objetivo do arquiteto, né?”. Ele comentou que, olhando o *grid* dos projetos, pode-se perceber que os discentes entenderam as propriedades do material, também pelo *feedback* das perguntas feitas por eles: como desenhar, suas limitações e como se comportam as estruturas em madeira. Concluiu que, na verdade, esse aspecto poderá ser confirmado com a apresentação final da disciplina, onde é possível visualizar as propostas completas. Respondeu positivamente se os estudantes pensaram na estrutura desde o início do processo de projeto, mesmo que haja um ou outro fugindo à regra, porque aparentemente entenderam a concepção viga/pilar e o sistema de placas, repassado durante o semestre.

Sobre sua participação como professor especialista visitante e a relação como melhor aproveitamento dos estudantes acerca da concepção estrutural, ele acredita que os discentes estejam bem mais preparados para tal a partir dessa matéria. Acrescentou saber que a UNICAMP é uma universidade conceituada e seus estudantes saem bem capacitados e, se forem trabalhar com este tipo de material, sentirão menos dificuldades no começo da vida profissional. Afirmou também ter sido muito promissor para eles o fato de se tratarem de estruturas razoavelmente novas e, nesse sentido, se tivessem uma disciplina com ênfase na madeira engenheirada, para só depois integrar tais conteúdos em uma disciplina de projeto com esse foco, teria sido muito diferente, porque já viriam com uma boa base.

Voltando à pergunta sobre a influência das outras disciplinas, ele respondeu que os estudantes poderiam ter tido ao menos o básico, pois quando apresentou alguns materiais no começo, as perguntas daqueles geraram certo impacto, por exemplo: os discentes questionaram sobre o que seria uma viga “i” ou um “produto engenheirado”. Também não conseguiram visualizar a estética do material. Por isso, iniciou-se a disciplina com os conteúdos mais fundamentais, para que conseguissem pensar no próprio conceito do projeto e alçarem outro nível. Assim, esse apanhado teve a intenção de incentivá-los a projetar mais em madeira.

Resumidamente, considera-se que, por sua experiência na construção civil em madeira e pela quantidade significativa de obras realizadas, o PEV entende bem todo o conteúdo necessário sobre esse material, principalmente nos elementos engenheirados. No entanto, considerando as diferenças de formação da faculdade de

engenharia e o que vem sendo projetado atualmente em madeira no país, compreende-se que eram necessários mais projetos de referência com sistemas estruturais mais distintos, para que os estudantes tivessem como base para o projeto. Entende-se também que foi um desafio para ele essa primeira vez em assessorar discentes no momento da ideia inicial do edifício vertical. Seu discurso aponta sua percepção sobre as muitas aulas e conteúdos apresentados, e que isso pode ter prejudicado a concepção estrutural e até restringido um pouco algumas ideias mais arrojadas dos estudantes. Num cenário ideal, sua proposta de uma disciplina sobre estruturas antecipando o módulo de projeto tem lógica, já que assim não seria necessária uma carga grande de tópicos a ser transmitida, poupando tempo para uma concepção mais aprofundada do edifício. Como indicado por ele, os projetos realizados nesse semestre servirão para mostrar se houve um pensamento associativo da arquitetura e da estrutura durante o processo de projeto.

#### **4.2.5 Análise dos Projetos dos discentes**

Vale lembrar que a análise dos projetos dos estudantes baseou-se em quatro pontos principais: 1-procurou identificar se a estrutura era facilmente visualizada e representada; 2- se os discentes pensaram em alguma lógica durante esta etapa; 3- seu grau de desenvolvimento em conjunto com o edifício e; 4- como se deu essa integração. No total, foram 13 projetos entregues ao final de Projeto IX e optamos pela análise de todos individualmente, como consta no Apêndice IV. A seguir, teremos uma visão geral e comparativa de alguns. Primeiramente, conforme a observação da disciplina, alguns desafios de quase todos os projetos foram as estruturas em madeira, a solução de circulação, as diferenças entre espaços públicos e privados (edifícios mistos), a circulação vertical e seu dimensionamento e, mais particular de cada equipe, a localização e as especificidades dos terrenos escolhidos.

Numa análise geral dos projetos, percebe-se uma regularidade no que diz respeito à representação, ou seja, a maior parte dos grupos considerou os elementos estruturais nas pranchas, fizeram modelos virtuais e alguns desenharam detalhes das suas junções, indicando que conceberam a estrutura em algum momento durante a disciplina. Esse aspecto também pode sugerir um ponto positivo da participação da docente e do PEV em Projeto IX, como resultado do seu estímulo à concepção estrutural, ainda que tenha sido superficial em alguns casos.

Entende-se que, de modo geral, houve a preocupação com a materialidade do projeto, especialmente por conta da indicação do uso da madeira e da exigência dos detalhes construtivos. Em relação à solicitação de um modelo físico como item obrigatório no trabalho final, apesar de ter contribuído para a visualização do projeto sob a ótica do entendimento dos seus elementos estruturais e conexões, ela não fez parte do processo de concepção arquitetônica nem estrutural. Apenas um dos projetos apresentou a maquete a partir da Apresentação 2, e talvez ela tenha influenciado na evolução da ideia do edifício. Sobre esse assunto, percebeu-se que, em alguns casos, também como reconhecido pela docente de projeto, se mudarmos as cores dos pilares e vigas, eles não serão facilmente identificados como estruturas em madeira.

Quanto à tipologia das edificações, apesar de se tratar de uma matéria cujo foco é a verticalidade, entende-se que houve certa restrição de altura por conta da zona de preservação histórica da Vila Industrial em Campina, também imposta pela localização dos terrenos escolhidos e em decorrência da integração com a disciplina de Técnicas Retrospectivas. Tendo isso em mente, dos 13 projetos analisados, apenas quatro produziram edifícios mais altos com mais de 10 pavimentos e a maioria, ou seja, nove deles, com sete andares ou menos.

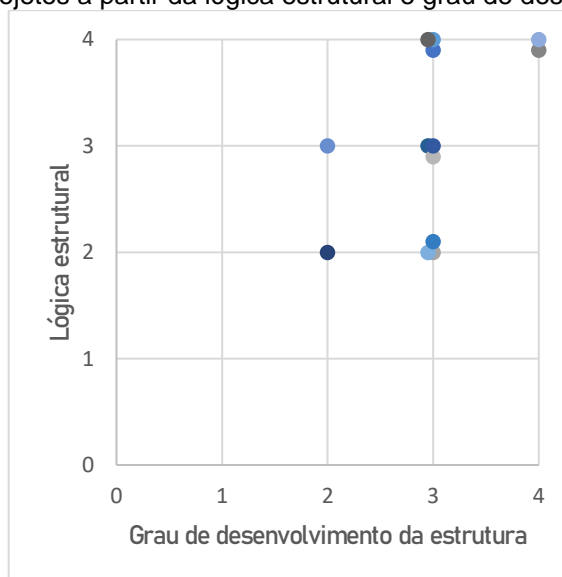
A partir desse esclarecimento, entende-se que em alguns projetos talvez não fosse necessário um núcleo de concreto armado, cuja finalidade é ajudar no contraventamento e no suporte dos esforços horizontais, um dos mecanismos de travamento lateral, justificável nos trabalhos com oito e dez pavimentos. Esses “cores”, como chamado pelos estudantes da disciplina, oferecem melhor dispersão e resistência mais equilibrada das forças laterais, assim como as peças de contraventamento que aparecem em vários projetos, no entanto em edifícios muito altos recomenda-se utilizá-los de piso a piso, o que não aconteceu nos casos com maior número de andares. De qualquer maneira, para tais núcleos internos existe a justificativa de garantir uma rota de fuga resistente ao fogo, apesar de terem comentado sobre a eficiência da madeira neste sentido em uma das aulas de estruturas.

Percebe-se, também, como comentado pela docente da disciplina, a grande quantidade de projetos que utilizaram pilar e viga/laje CLT, resultando em projetos mais ortogonais. Por outro lado, como visto na Observação de Projeto IX, apesar do

incentivo ao pensamento do detalhe como conceito, nenhum trabalho conseguiu ir mais a fundo do ponto de vista estrutural.

Sobre o momento de concepção, analisou-se a partir da escala: 0-Nenhum, 1-Baixo, 2-Médio, 3-Alto e 4-Avançado. A lógica estrutural foi analisada considerando o caminho das forças, quais elementos foram inseridos para melhorar a eficiência estrutural e como alguns problemas foram resolvidos. Quando comentamos sobre o **grau de desenvolvimento da estrutura**, significa que foi investigado se houve uma solução estrutural completa do edifício e o nível de complexidade do projeto, um indício de maior esforço na concepção estrutural e maior integração da estrutura no processo de projeto. Neste caso, não foi considerado se os estudantes usaram mais ou menos o material proposto em seus projetos, mas focou-se no sentido da concepção estrutural como um todo.

Gráfico 2: Análise dos projetos a partir da lógica estrutural e grau de desenvolvimento da estrutura.

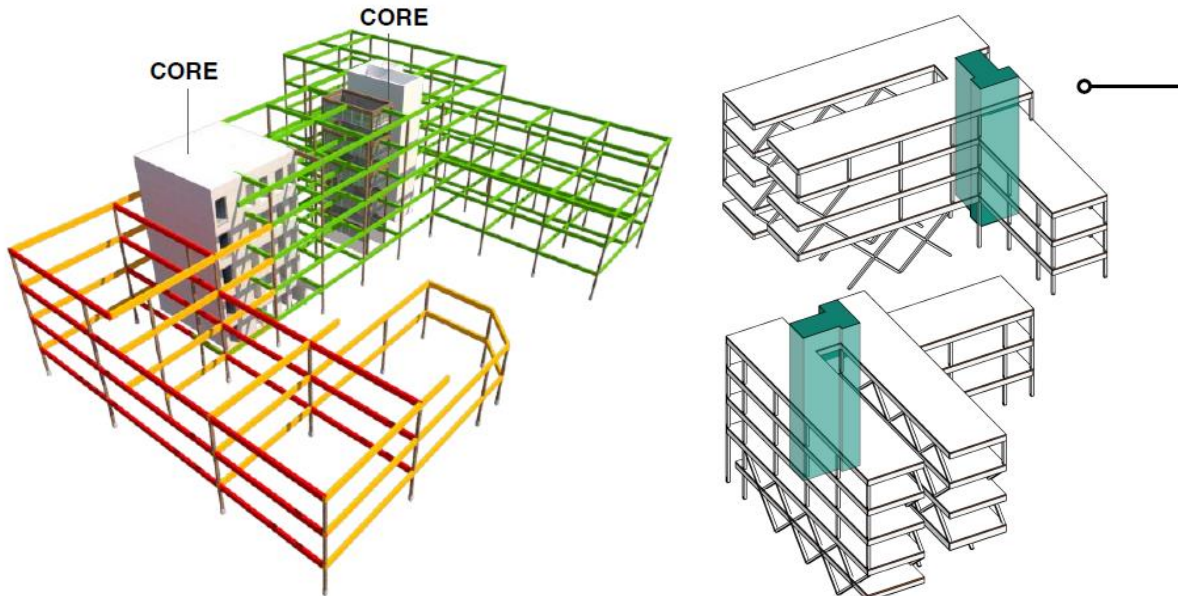


Fonte: Autoria própria.

Entende-se que, dos vários projetos analisados, nove foram considerados como de nível “Alto” (Figuras 37 a 40) no quesito de desenvolvimento da estrutura, indicando um resultado da contribuição conjunta do professor de Projeto com o de Estruturas e, também, do incentivo contínuo dos dois no sentido da importância da concepção estrutural durante o processo de projeto dos estudantes. Já em relação à lógica estrutural, cinco foram analisados como “Avançado” (Figuras 41 e 42), entendendo que houve maior atuação da estrutura no processo de projeto arquitetônico e que isso se deve ao entendimento mais apurado dos sistemas construtivos em madeira “engenheirada”, sendo também o crédito conjunto das aulas

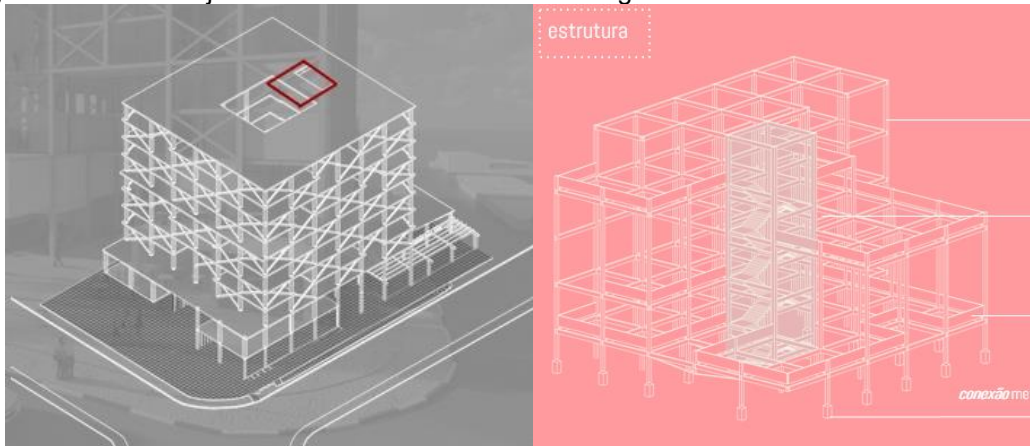
do professor visitante de Estruturas e da exigência constante dos docentes para os discentes trabalharem tais aspectos.

Figuras 35 e 36: Projetos considerados como “Alto” no grau de desenvolvimento da estrutura.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

Figuras 37 e 38: Projetos considerados como “Alto” no grau de desenvolvimento da estrutura.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

Figuras 39 e 40: Projetos considerados “Avançados” quanto à lógica estrutural.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

Resumidamente, os projetos se mostraram completos sob o enfoque da representação das estruturas; todos utilizaram blocos internos ou laterais para travamento dos elementos de madeira, ao passo que os modelos físicos entregues se mostraram elementares, talvez por causa do curto tempo ao final do semestre, e não influenciaram na elaboração das propostas. Dentre estas, a maior parte trabalhou com o sistema estrutural de pórtico, considerando os elementos pilar e viga ou laje plana. Apenas quatro dos trabalhos desenvolveram edifícios verticais, dos quais um mostrou uma abordagem estrutural mais arrojada. Por fim, os projetos dos estudantes vistos como o resultado da disciplina de Projeto IX se mostraram satisfatórios, de modo geral, do ponto de vista da concepção estrutural, porque contemplaram soluções completas da estrutura, indicando uma contribuição assertiva dos docentes na disciplina e a bagagem projetual adquirida pelos discentes no período e na graduação.

#### **4.2.6 Análise geral da disciplina**

Antes de qualquer coisa, é importante lembrar as particularidades de Projeto IX do CAU/UNICAMP: primeiro, o auxílio de um Professor Especialista Visitante (PEV) em estruturas de madeira; segundo, a proposta de projeto de um edifício vertical com base nesse material, e, por fim, a relevância dos aspectos sustentáveis no meio urbano no processo de projeto. Tendo isso em vista, pode-se afirmar que existiram aspectos diferenciais do ensino da concepção estrutural e que mostram possibilidades para a sua melhoria dentro do ateliê.

As cinco partes apresentadas até aqui serviram para fundamentar as questões levantadas nesta análise, que buscou entender os caminhos para uma melhor integração da estrutura no ensino e aprendizagem do projeto de arquitetura. Primeiramente, vale destacar a organização do Plano de Curso, que pôde ser percebida durante a Observação da disciplina, e que apontou para aspectos do desenvolvimento dos trabalhos dos estudantes. As entrevistas, por outro lado, identificaram as opiniões das pessoas envolvidas e a análise dos projetos finaliza com o registro do que foi realizado em sala de aula.

A análise do Plano de Curso de Projeto IX identificou uma preocupação na sequência das atividades desenvolvidas pelos discentes, o que pode ter contribuído para que os discentes avançassem no processo de projeto considerando os conceitos aplicados em cada uma delas. A grande quantidade de conteúdos sobre estruturas de

madeira repassados pelo PEV foi oportuna para os estudantes, em face da lacuna reconhecida por eles na formação em estruturas; os momentos, no entanto, é que não foram propícios para o desenvolvimento do edifício. Por outro lado, o fator da escolha do sistema construtivo, apesar de constar na Proposta do Projeto no Plano de Curso, não estava explícita sua ligação aos conceitos de sustentabilidade, que eram os pontos mais estimados pelo docente, conforme identificado na sua entrevista e lembrado constantemente em sala de aula, como observado no acompanhamento da disciplina. É possível afirmar que, dentre os estudantes, alguns não compreenderam a decisão e contestaram a restrição do uso do material. Estas questões referentes ao planejamento e à organização da disciplina apresentadas neste documento foram apuradas durante a observação da matéria.

Em primeiro lugar, percebeu-se que, apesar do tema, a integração com a disciplina de Técnicas Retrospectivas e o material estrutural definido não foi favorável à verticalidade, o que provocou certa frustração, segundo a entrevista com os estudantes. Verticalidade é aqui entendida pela proporção entre a largura e altura de um edifício, como indicado por Rob Whitehead (2020), ou pelas considerações feitas por Anália Amorim (2014). No primeiro caso, ocorre quando uma dimensão do edifício (a altura) é maior do que outra (o comprimento) (WHITEHEAD, 2020).

Em contrapartida, a não exigência de pavimentos de garagem – que considerou novas perspectivas das cidades atuais – não impôs aos discentes uma modulação restrita. Conjuntamente, as atividades elencadas no Plano de Curso facilitaram o processo, apesar de alguns afirmarem na entrevista terem achado demasiadas e infrutíferas, pois tiveram de mudar o projeto no final do trabalho. Ao que tudo indica, esse recurso foi propício à concepção estrutural, em especial durante o desenvolvimento da Atividade 2, que contemplava o sistema construtivo e suas conexões. Acredita-se que as orientações do PEV também auxiliaram nesse aspecto dos projetos dos estudantes, porque sugeriu elementos estruturais diferentes e pouco conhecidos por eles, o que aperfeiçoou alguns trabalhos do ponto de vista da estrutura. Contrariamente, percebeu-se que, na maior parte do tempo, tratou de dúvidas trazidas pelos discentes sobre os materiais e encaixes, e não tanto sobre novas soluções quanto às assessorias com a docente de projeto.

De acordo com a observação direta da disciplina, as três entrevistas realizadas e a análise dos projetos dos estudantes, viu-se que vários grupos não consideraram a estrutura como parâmetro essencial no processo de projeto, mas que se pôde confirmar a contribuição positiva e a importância de um professor de estruturas dentro do *ateliê*, mesmo levantada a questão dos conteúdos sobre a anatomia da madeira *versus* o tempo reservado ao processo de projeto. Esta talvez tenha sido a característica mais divergente entre o discurso do professor visitante e o que afirmaram os discentes: segundo esses últimos, as aulas e assuntos sobre estruturas de madeiras foram demasiadas.

Tendo em vista as inquietações trazidas durante a conversa com os discentes e a análise dos projetos, confirmam-se sua pouca verticalidade e suas diferenças de complexidade em decorrência dos programas e terrenos escolhidos, assim como a ideia de que cada equipe teve momentos e intensidades variadas da concepção estrutural. Sobre isso, na ótica da docente da disciplina, os estudantes tiveram uma grande influência dos projetos apresentados pelo PEV, o que resultou na maior parte dos trabalhos com pilares e vigas, comparando-os a projetos em concreto armado, e apenas um deles insistiu em uma estrutura mais excêntrica. Entende-se que, em edifícios mais verticais, a solução mais comum seja a estrutura em pórtico, porém, como apresentado em sala de aula pela docente com base no livro de Henio Engel (ENGEL, 2001), existiam muitas outras possibilidades para a concepção do edifício, especialmente em madeira. Neste sentido, verificou-se que nem todos os discentes consideram a estrutura como um elemento indesejado no processo de projeto, como parte integrante dele e não algo a ser pensado posteriormente, em contrapartida, nem todos a julgam um elemento compositivo na arquitetura.

Um dos diferenciais da disciplina de Projeto IX foi a presença de um professor de Estruturas, mesmo alguém com pouca experiência de ensino de arquitetura, pois se esperava uma interação com os estudantes cujo objetivo era de conceber a estrutura em conjunto e, conseqüentemente, que houvesse uma reflexão-na-ação, completando o ciclo desse tipo de aprendizagem (SCHÖN, 2000). Ou seja, a sua participação contribuiu para o entendimento dos sistemas, mas não garantiu o ensino da concepção estrutural conceitual mais integrada à arquitetura, o que ficou a cargo da titular da disciplina.

Conforme mencionado na entrevista da professora de projeto, a ideia do Novo Estruturalismo, do pensamento inicial e compreensão do material e como ele pode ser estruturado para assim chegar a uma forma arquitetônica, condiz com o que foi realizado em Projeto IX. A escolha da madeira, que aconteceu devido à vivência da professora de projeto no MIT, se tornou um desafio e estimulou os estudantes à pesquisa e ao pensamento mais tectônico do projeto. Verificou-se que sua participação ativa e incentivo contínuo da concepção estrutural foram assertivos na integração dos conteúdos durante o período letivo, além da organização das atividades, com o propósito de motivá-los a elaboração do projeto e detalhes construtivos e servir de fio condutor do processo. De certo modo, outro diferencial foi o conhecimento dos discentes, já no penúltimo ano do curso, e o interesse da maioria em aprender, perceptível em seus projetos, apesar das críticas à quantidade de atividades em contraponto ao tempo de concepção. Sobre esse último aspecto, é compreensível a intenção dos docentes em recuperar uma formação em estruturas de madeira deficiente, entretanto, não é escopo de Projeto IX garantir a transmissão desse conteúdo. Por isso, percebe-se uma grande oportunidade de aprendizado de estruturas nesse contexto, mas também são coerentes as reivindicações dos discentes por maior tempo de criação do projeto.

Por fim, com o objetivo de ter uma visão ampliada da análise da disciplina e como forma de compilar os pontos positivos e compará-los com os pontos a melhorar, apresenta-se a seguir uma tabela síntese desta análise:

Quadro 6: Síntese da análise de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

<i>ETAPAS DA PESQUISA</i>	<i>Pontos positivos</i>	<i>Pontos a melhorar/esclarecer</i>
<i>Análise do Plano de Curso</i>	Preocupação com a organização das atividades e do cronograma. Clareza e objetividade do projeto vertical a ser desenvolvido.	Não ficou clara a ligação das estruturas em madeira com a sustentabilidade e proposta de adensamento numa área de patrimônio histórico.
<i>Observação direta da disciplina</i>	Atuação da docente de projeto, aula sobre concepção estrutural apresentando possibilidades do edifício vertical. Incentivo contínuo do pensamento da estrutura integrada ao projeto. Proposta da disciplina com estruturas de madeira e incentivo à pesquisa e ao pensamento do material no início do processo de projeto.	Poucos momentos de concepção estrutural conceitual com o PEV. Quantidade de aulas e conteúdo de madeira em substituição ao tempo de concepção do projeto. Exigência da produção do modelo físico ao final da disciplina. Estrutura não foi prioridade no início da concepção do projeto em alguns casos.
<i>Entrevista coletiva com os discentes</i>	Oportunidade de melhor conhecimento de estruturas de madeira e reconhecimento da importância do professor de Estrutura nessa disciplina. Entendimento das diferenças entre os projetos e sua integração com a estrutura.	Restrição de alturas e da verticalidade devido à integração com a disciplina de patrimônio. Pouco tempo disponível de assessorias com o PEV.
<i>Entrevista com os docentes</i>	Reconhecimento de que a ideia da integração com a disciplina de patrimônio pode ter dificultado a verticalização e dos muitos conteúdos passados sobre a madeira. Num cenário ideal, a criação de uma matéria de estruturas de madeira antecedendo a de Projeto IX.	Projetos mais ortogonais e pautados nos projetos apresentados pelo PEV, com sistemas de pilar e viga, semelhantes às estruturas de concreto. Alguns projetos não priorizaram a estrutura, mas pensaram nela desde o início da disciplina.
<i>Análise dos projetos dos discentes</i>	Regularidade na representação das estruturas. Projetos bem avaliados em relação à lógica da estrutura e seu grau de desenvolvimento.	Pouca verticalidade das propostas. Maior parte dos projetos seguiu um sistema mais ortogonal e com pouca complexidade estrutural. Alguns projetos utilizaram parcialmente a madeira.

Fonte: Autoria própria.

Tendo em vista todos os tópicos apresentados na análise de Projeto IX do CAU/UNICAMP, conclui-se que a disciplina pode oferecer um cenário favorável à didática da concepção estrutural conceitual em sua totalidade, o que foi visto com o resultado dos trabalhos produzidos.

Esta etapa da pesquisa serviu para levantar algumas dificuldades que podem ser vencidas a fim de aperfeiçoar o ensino de projeto de arquitetura em sintonia com o pensamento estrutural. Alguns métodos utilizados aqui podem servir de guia como, por exemplo, as atividades que direcionaram os estudantes nesse tipo de aprendizado integrado em busca de uma formação mais criativa na área.

## 5. TESTANDO MÉTODOS DE ENSINO DA CONCEPÇÃO ESTRUTURAL ATRAVÉS DE MODELOS FÍSICOS EM ATIVIDADES EXTRACURRICULARES – OFICINAS DE CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

As duas disciplinas anteriores tinham propostas da entrega de modelos físicos como exigência do trabalho final. Por esse motivo, e de acordo com a literatura revisada (Capítulo 2 – Item 2.3), entende-se que essa prática pode ser um intensificador do pensamento estrutural durante o processo de projeto arquitetônico. Primeiro, porque proporciona melhor compreensão tridimensional do que está sendo projetado e, segundo, por ser um exercício de construção que estimula a noção da materialidade na Arquitetura (referências). O intuito foi testar os métodos de ensino da concepção estrutural apresentados anteriormente, como através do **aprendizado ativo** (SGAMBI *et al.*, 2019), “**mão-na-massa**” (EMAMI; BUELOW, 2016; WETZEL, 2012) e da estratégia de ensino pela **produção de modelos físicos**, como apontado por muitos autores (FOWLER; RIHAL, 2019; LARSEN, 2020; MODLER; MACIEL; LAURETT, 2017; VILQUIN, 2013; WHITEHEAD, 2020). Nesta etapa da pesquisa foram planejadas e realizadas duas Oficinas: a primeira, presencialmente, na Semana de Arquitetura e Urbanismo da UFRN (SEMANAU), onde todos os materiais foram disponibilizados aos participantes para a produção do modelo físico. Já a segunda, aconteceu na Semana da Arquitetura e Urbanismo da Unicamp (SAU), de forma remota, e, pela facilidade de dispor o material, optou-se pela utilização do papel.

### 5.1 Oficina de concepção estrutural auxiliada por modelos físicos 1 – SEMANAU/UFRN

Tendo em vista a organização das atividades da SEMANAU, a oficina aconteceu durante um dia inteiro, iniciando às 9h30 e terminando por volta das 18h no dia 31 de outubro de 2019. Foram ofertadas 25 vagas, com 23 participantes de diferentes períodos do curso inscritos, (sendo 17 deles inseridos entre o 1º e o 3º semestres, e 6 estudantes entre o 4º e 8º semestres). As equipes eram heterogêneas entre si, quanto à experiência em projetar, já que os grupos se dividiram livremente por afinidade entre os membros. Em sua maior parte, os participantes pertenciam à mesma turma/período do CAU. Vale ressaltar que a oficina contou com a ajuda de

quatro monitores disponibilizados pela organização do evento, os quais auxiliaram os estudantes no andamento do trabalho.

A proposta foi conceber o básico de uma estrutura de um vão de médio porte para abrigar os Centros Acadêmicos do Centro de Tecnologia (CT). O “Pavilhão dos Centros Acadêmicos do CT” deveria ter uma área de convívio situada ao lado do prédio dos Laboratórios de Arquitetura e ser um espaço de troca, pois se localiza em frente ao novo edifício da pós-graduação em AU. O objetivo foi propor um espaço próprio para as atividades de reunião e eventos organizados pelos discentes, numa área hoje subutilizada. Assim sendo, a ideia era conceber um espaço coberto e aberto.

Figura 41: Local de implantação proposto para o Pavilhão dos Centros Acadêmicos.



Fonte: Google Earth, adaptado pela autora.

Figura 42: Fotos da área proposta para o Pavilhão.



Fonte: Fotos tiradas pela autora.

De acordo com a programação, a primeira parte consistiu na apresentação da pesquisa e assinatura dos termos do Comitê de Ética. Em seguida, houve a explicação do *briefing* do projeto e do terreno a ser considerado, com exemplificação de alguns

modelos físicos em madeira de coberturas de médio porte, enfatizando os detalhes construtivos e a lógica dos caminhos das forças de cada um. Na metade da manhã, os participantes se dividiram em grupos, com quatro ou cinco membros, num total de cinco equipes (sendo duas com quatro estudantes) e iniciaram a concepção com o material fornecido.

Quadro 7: Programação da Oficina de Concepção Estrutural – SEMANAU.

<b>9h30</b>	Apresentação da Oficina Explicação sobre Estruturas (de cada Opção) e Exemplos de Projetos Exposição do exercício a ser desenvolvido
<b>10h30</b>	Desenvolvimento da Concepção Básica da Estrutura
<b>12h</b>	Parada para Almoço
<b>13h</b>	Assessoria dos Projetos e Conclusão das Propostas
<b>15h</b>	Confecção da Maquete
<b>17h</b>	Exposição das maquetes e debate com os estudantes
<b>17h30</b>	Competição dos testes de cargas
<b>18h</b>	Conclusão da Oficina

Fonte: Autoria própria.

Para realização do modelo físico, cada grupo recebeu uma caixa com materiais (papel, lápis, palitos de bambu de diversos tamanhos e formatos, papelão, cola, abraçadeiras de plástico, fita adesiva etc.) e ferramentas (estilete, régua de metal, tesouras etc.). Outros utensílios também foram disponibilizados para uso coletivo (martelo, parafusos e pistola de cola), como também foi fornecida a plotagem da área com as dimensões do local de intervenção na escala 1/50, além de uma base para os modelos físicos em MDF no tamanho 60cmx60cm. O propósito era levar os estudantes a pensarem em como fixar a maquete nessa base (todos os materiais estão listados no Apêndice V). O livro “Sistemas Estruturais Ilustrados”, de Francis Ching (2000), foi disponibilizado e algumas equipes o consultaram durante a oficina.

Figura 43: Materiais disponíveis para uso coletivo.



Fonte: Foto tirada pela autora.

Em relação às regras da competição e para a fabricação do modelo, os estudantes tiveram a liberdade para usar os materiais como bem entendessem, podendo utilizar todos os itens na estrutura em si ou para reforçar as conexões. Foi informado também que as cargas do teste seriam dispostas no modelo no meio do maior vão, ou seja, no ponto mais suscetível ao colapso.

Sendo assim, os participantes iniciaram o processo de projeto, tendo em vista as referências apresentadas como exemplo para a confecção do modelo físico, criteriosamente escolhidas com o intuito de proporcionar aos estudantes a ideia da intensa relação entre a estrutura e forma/espço. A partir daí foi possível observar as diferenças entre as equipes, suas dificuldades e como conseguiram resolvê-las e, ainda, identificar como cada uma trabalhou de acordo com cada momento, seguindo o método de Rob Whitehead (WHITEHEAD, 2020): “pensar, fazer e quebrar” (*thinking, making and breaking*).

## **5.1.1 O Processo**

### **5.1.1.1 Parte I – Concepção (Manhã) – PENSAR**

Como informado aos participantes, a primeira etapa da Oficina foi destinada à elaboração de uma ideia principal que mais tarde deveria ser reproduzida fisicamente, por isso era imprescindível pensar nos materiais disponíveis e suas respectivas quantidades e, assim, ponderar sobre as possibilidades de execução do modelo físico. Era preciso também refletir sobre a localização do prédio no terreno, tendo em vista todas as questões de circulação entre os edifícios dos Laboratórios de Arquitetura e da pós-graduação, de modo que pensassem sobre como seria a inserção da estrutura desejada no local de implantação.

Inicialmente, foi constatado que os estudantes estavam hesitantes, especialmente no momento da inscrição na oficina, porém, com o início da atividade notou-se que se sentiram entusiasmados com a oficina. Os monitores contribuíram com algumas dúvidas dos estudantes e opinaram em alguns projetos, mas observou-se que sua maior parte teve autonomia e perseverança ao desenvolver o projeto.

Comparativamente, na fase inicial de concepção, todos os grupos verificaram os itens disponíveis para a fabricação do modelo físico. Três dos grupos trabalharam de maneira semelhante, debatendo e desenhando simultaneamente com lápis e papel, enquanto dois deles alternaram entre o uso dos materiais do modelo com

protótipos, sendo esses os grupos com estudantes mais experientes do curso de Arquitetura. Isso pode indicar maior facilidade de enxergarem os sistemas estruturais, considerando o material a ser utilizado, também percebido quando demonstravam algumas informações dos sistemas estruturais aos colegas usando o papel ou mesmo os itens fornecidos.

Ao final dessa etapa, num momento preliminar de produção do modelo, percebeu-se que muitos dos grupos planejaram colar os palitos uns nos outros com cola e fita crepe, com o intuito de aumentar a seção dos elementos. Dois dos grupos utilizaram o sistema de treliças, na ideia de poder garantir maior suporte à cobertura, sem considerar que sistemas treliçados são utilizados com a finalidade de vencer grandes vãos, mas não para suportar muito peso. No entanto, sendo o projeto um pavilhão, esta seria uma escolha bastante adequada, especialmente por reduzir a quantidade de pilares dentro do ambiente.

Figura 44: Fotos das equipes durante o processo de concepção inicial.



Fonte: Fotos tiradas pelos colaboradores/monitores da Oficina.

Nesse contexto, pode-se afirmar que o processo de projeto de todas as equipes continuou durante a tarde e que os dois momentos não foram distintos em nenhum dos grupos, pois seus integrantes incitavam a conversa e questionavam as decisões

projetuais até o fim da oficina, igualmente favorável no entendimento sobre como o processo auxiliado por modelos físicos pode ser útil para a melhor assimilação do vínculo entre o espaço e os elementos estruturais.

#### **5.1.1.2 Parte II – Concepção e produção dos modelos físicos (tarde) – FAZER**

No início da tarde, quatro dos grupos voltaram do intervalo com a ideia do projeto um pouco mais formulada e começaram a fabricar o modelo físico, enquanto um deles continuou desenvolvendo o conceito para só então partir para a fase de produção do objeto. Foi possível perceber que os estudantes estavam entusiasmados para começar o trabalho, talvez por ser o momento de colocar a “mão na massa” e pelo desejo de ver o projeto do pavilhão materializado.

Neste momento, verificaram-se vários debates entre os participantes dos grupos; na medida em que o modelo físico ia se formando, pequenos testes eram feitos empurrando o modelo para baixo e identificando sua resposta (um dos grupos usou uma das anilhas que seria utilizada para o teste). Esse também foi um dos pontos positivos da oficina, porque, mesmo sem saber especificamente o nome de cada resultado da aplicação da força, eles conseguiram analisar e achar soluções para tais questões estruturais. Percebeu-se em todas as equipes que houve mudanças significativas entre o modelo pensado inicialmente e o apresentado ao final da oficina. Talvez devido à competição e ao teste de cargas, elas tenham se preocupado e adicionado outros elementos na tentativa de reforçar o modelo físico.

Figura 45: Fotos da produção dos modelos físicos.



Fonte: Fotos tiradas pela autora.

### 5.1.2 O resultado e o teste – QUEBRAR

O teste de carga dos modelos físicos foi um momento de muita expectativa por parte dos participantes, inclusive outros participantes do evento foram conferir o resultado da competição. Foi perceptível a interação e a atenção dos estudantes durante este último momento e como cada equipe reagia a cada peso adicionado a seu modelo. Surpreendentemente, a capacidade de carga dos modelos físicos foi maior do que se esperava: 16kg de anilhas e pesos não foram suficientes para testar todos os modelos e foi preciso improvisar com livros e material escolar<sup>40</sup>, e até mesmo com a ajuda de uma das alunas. A apresentação dos modelos físicos a seguir foi organizada da maior para a menor capacidade de carga, deste modo, a última equipe foi a vencedora da competição.

---

<sup>40</sup> Os pesos dos livros e materiais escolares foram conferidos com uma balança portátil de mão (com alça metálica), levada caso os discentes desejassem conferir os pesos disponíveis ou precisassem pesar as cargas adicionais, como aconteceu.

### 5.1.2.1 Modelo – Equipe 1

O modelo foi produzido seguindo o sistema estrutural de pilares com treliças. O grupo simulou testes com um dos pesos e colocou alguns reforços depois que o modelo estava pronto, como por exemplo, as abraçadeiras pretas e cordão e palitos como contraventamento. O modelo físico colapsou com **11kg** de carga, pois a parte mais baixa não estava bem fixada na base, porém os elementos se mantiveram unidos e nenhum deles chegou a quebrar totalmente.

Figura 46: Modelo físico da Equipe 1.



Fonte: Foto tirada pela autora.

Figura 47: Teste de carga do modelo físico da Equipe 1.



Fonte: Fotos tiradas pelos colaboradores.

### 5.1.2.2 Modelo – Equipe 2

A equipe utilizou os palitos cilíndricos de bambu (palitos de churrasco e varetas), elásticos de borracha e fitas, com os quais foram feitos protótipos desde o início da oficina. Em termos de leveza da cobertura e do edifício, esse foi um projeto muito bem pensado e executado: os pilares não estavam verticais à base e foram projetados como um conjunto, levando a um modelo esteticamente diferente dos demais, talvez o mais interessante em se tratando de um pavilhão para os Centros Acadêmicos. Na Figura 8 é possível perceber os palitos duplos e bem fixos com as ligas elásticas e o reforço com abraçadeiras nas conexões, o que ajudou o modelo no momento do teste de carga. O modelo cedeu com uma carga de aproximadamente

**18kg** e o teste foi realizado na parte central, que supostamente seria um balanço da estrutura. Verificou-se que o uso de elásticos proporcionou melhor visualização de como o modelo reagiu estruturalmente durante o teste e, apesar de ter suportado menos que outros modelos, foi visível como as cargas estavam trabalhando nas conexões, passando de uma parte para a outra, e como os elementos estavam se comportando a cada anilha ou livro adicionado.

Figura 48: Modelo físico da Equipe 2.



Fonte: Foto tirada pela autora.

Figura 49: Teste de carga do modelo físico da Equipe 2.



Fonte: Fotos tiradas pelos colaboradores.

### 5.1.2.3 Modelo – Equipe 3

Comparado aos demais, foi um modelo pequeno que talvez não se enquadre no tema do pavilhão de médio porte. Com apenas quatro pilares, os estudantes se empenharam em fixá-lo na base e o pequeno sistema de treliças espaciais coladas com cola quente resultou num modelo físico que suportou aproximadamente **22kg**. Considera-se que, talvez por conta da pouca distância entre os elementos estruturais e da baixa estatura do modelo, ele tenha resistido mais que os dois anteriores. Vale comentar sobre o reforço da pequena cobertura com uma espécie de mão francesa e os pilares com vários palitos unidos com fita. O teste foi realizado no centro do modelo e só quebrou porque as conexões não estavam tão rígidas e os pilares penderam para a lateral, o que, conseqüentemente, danificou a parte superior.

Figura 50: Modelo físico da Equipe 3.



Fonte: Foto tirada pela autora.

Figura 51: Teste de carga do modelo físico da Equipe 3.



Fonte: Fotos tiradas pelos colaboradores.

#### 5.1.2.4 Modelo – Equipe 4

Os estudantes pensaram no pavilhão como sendo um espaço totalmente aberto com um grande vão e uma cobertura estruturada com muitos palitos e abraçadeiras. No entanto, fazendo pequenos testes, perceberam que a parte central – que seria o ponto mais frágil – não suportaria uma carga maior, e assim foi inserido o pilar central. O teste foi realizado no meio de um dos quadrantes do modelo, que suportou aproximadamente **30kg**. A equipe também fez uso de ligas elásticas para a fixação de palitos uns nos outros e reforçou toda a estrutura da cobertura com cola, palito, abraçadeiras e usou um pedaço do papel paraná como fechamento, o que proporcionou um pouco mais de suporte. Os estudantes puderam perceber nesse modelo a flambagem dos pilares em “v” invertido e como a “laje” fletiu até o seu rompimento. É possível visualizar que apenas a cobertura do modelo cedeu, ficando os pilares e vigas intactos, o que mostra que conseguiram fixá-los bem na base e,

com um vão mais livre, surpreendentemente criar um projeto com boa estabilidade unindo a ideia espacial a uma estrutura muito resistente.

Figura 52: Modelo físico da Equipe 4.



Fonte: Foto tirada pela autora.

Figura 53: Teste de carga do modelo físico da Equipe 4.



Fonte: Fotos tiradas pelos colaboradores.

#### 5.1.2.5 Modelo – Equipe 5

No modelo do grupo vencedor, formado por estudantes no início da graduação, os “pilares” e “vigas” foram reforçados (usaram quatro palitos, unidos por fitas e barbante): nas conexões, o grupo usou tanto a fita quanto a abraçadeira de plástico, o que pode ter contribuído para aumentar a carga suportada, de aproximadamente **48kg** (peso de uma das alunas após o teste com quase 45kg) e o uso de mais elementos, pois a quantidade de pilares no meio do modelo foi maior que qualquer outro grupo, fugindo um pouco da ideia de pavilhão, porque tais elementos prejudicariam um pouco a fluidez e reunião dentro do ambiente. No entanto, isso pode ter garantido uma estrutura mais rígida, também devido aos “contraventamentos” com barbante nos pilares mais altos. Por outro lado, o grupo conseguiu criar variações de fachadas com os elementos estruturais, como os pilares com três palitos que se abrem na parte superior. Ao colapsar, foi possível identificar que todo o sistema estrutural de pórticos ainda estava completamente conectado e que, ao colocar mais carga, os

“pilares” do lado oposto se soltaram da base, enfraquecendo o local onde estavam os pesos. O mais interessante que se pode observar foi que todo o modelo físico trabalhou junto, em alguns momentos viu-se a flambagem dos elementos verticais e a flexão das “vigas”.

Figura 54: Modelo físico da Equipe 5.



Fonte: Foto tirada pela autora.

Figura 55: Teste de carga do modelo físico da Equipe 5.



Fonte: Fotos tiradas pelos colaboradores.

Com a competição e o teste de cargas, viu-se um bom envolvimento dos estudantes até o final da oficina, onde muitos se mostraram bastante interessados em ver o resultado dos modelos físicos, talvez mais do que nomear um vencedor. Tendo em conta cada uma das etapas apresentadas, nas quais foram feitas reflexões que contribuirão para uma análise mais ampla da Oficina de Concepção Estrutural, como parte da tese, poderão corroborar com a busca de um modo adequado do ensino de estruturas no processo de projeto.

### **5.1.3 Análise da Oficina de Concepção Estrutural 1 – SEMANAU/UFRN**

Pensar sobre a cobertura de um pavilhão de médio porte numa manhã e reproduzi-la à tarde podem ter sido um trabalho exaustivo e desafiador para os estudantes, que trabalharam com ânimo e conseguiram concluir com destreza a oficina. Nas duas etapas de concepção, foi possível perceber que a competição, ou seja, o teste de carga incitou os participantes a pensarem com maior profundidade nas seguintes questões: seleção e uso dos materiais, conexões (rígidas ou não), fixação do modelo na base de MDF e reação dos elementos com o peso (compressão, tração, cisalhamento, momento).

Para servir de base, foram incluídos alguns tópicos sobre a lógica estrutural aos estudantes no início da oficina e, para que eles pudessem ter referências do trabalho que iriam realizar, apresentamos vários modelos físicos, fabricados com palitos de madeira. Apesar de todos os modelos usarem o sistema de pórticos (com vigas ou treliças), se observou como eles foram distintos, o que foi favorável para a análise. Foi interessante notar nos estudantes uma capacidade de exploração dos sistemas estruturais, mesmo naqueles que ainda não cursaram muitas disciplinas do CAU, no entanto, é compreensível a diferença entre os modelos físicos apresentados pelas equipes devido à heterogeneidade entre elas.

Como comentado anteriormente, alguns grupos foram compostos por discentes do mesmo período, ou seja, em parte deles todos os participantes estavam no início do curso. Tendo isso em vista, foi possível identificar uma maior preocupação com o reforço da estrutura em contraste com a forma arquitetônica projetada e, talvez por serem mais inexperientes, eles tenham se concentrado demasiadamente no teste de cargas (Equipes 4 e 5). Apesar de terem vencido a competição, talvez tenham deixado a desejar no quesito da integração entre o espaço/forma e a estrutura. Em contrapartida, os estudantes mais experientes em projeto – devido às disciplinas de ateliê – e os que já cursaram as matérias de Sistemas Estruturais apresentaram pavilhões mais versáteis, tanto em termos de espaço como de estruturas, pois quando observados os modelos físicos, pode-se dizer que eles compreendiam melhor as possibilidades estruturais e sua influência na forma e no espaço desejados. Deste modo, as abordagens dos projetos apresentados pelas Equipes 1 e 2 denotam a

facilidade espacial em conjunto com a configuração dos elementos que suportariam as cargas.

Vale comentar que, durante o processo de fabricação do modelo físico, as equipes permaneceram adicionando elementos de reforço até o último minuto, os quais não estavam previstos nos croquis (muitos cordões e abraçadeiras foram colocados posteriormente). No entanto, foi possível reparar que elas perceberam quais os pontos mais vulneráveis da estrutura; em alguns casos, os pilares muito altos precisavam se conectar para ganhar maior estabilidade (necessitavam de contraventamento). As equipes também entenderam a necessidade de garantir mais firmeza às conexões das peças, tendo alguns dos estudantes utilizando apenas o conhecimento empírico.

Figura 56: Final da Oficina e preparação para os testes de cargas.



Fonte: Foto tirada pelos colaboradores.

Numa análise geral, foi interessante observar que o planejamento da oficina, com a definição de cada uma das etapas, pode ter ajudado os estudantes a desenvolverem o trabalho no tempo estabelecido, pois serviu de orientação para a execução das tarefas em cada momento. Outro aspecto constatado foi que os pequenos testes realizados antes do final da oficina contribuíram significativamente para o entendimento e a previsão do comportamento das estruturas que haviam projetado.

Ao final da oficina notou-se que os participantes estavam satisfeitos com seus trabalhos. Apesar do pouco tempo, eles conseguiram desenvolver os modelos com

muita determinação e maestria. Acredita-se que a competição serviu para estimulá-los a pensar sobre como a estrutura poderia suportar uma grande carga e ser o mais estável possível, o que, sob essas circunstâncias, os levou a tentar prever como o modelo físico iria se comportar durante o teste de cargas. Em contrapartida, os momentos de concepção estrutural foram notáveis no sentido do aprendizado em si, uma vez que a oficina pode proporcionar mais duas etapas que não são tão usuais dentro do CAU.

Concluindo, as equipes com participantes mais avançados no curso se preocuparam mais com a relação entre o espaço e a forma estrutural, enquanto as outras se empenharam na competição de cargas, o que pode indicar uma maturidade no processo de projeto dos primeiros. Ainda é importante ressaltar o envolvimento e interesse dos estudantes durante as duas fases da oficina, o que foi unânime em todas as equipes, por se tratar de um desafio com tempo curto e intenso.

#### **5.1.4 Considerações sobre a Oficina da SEMANAU/UFRN**

Como comentado por alguns autores, atividades projetuais e do tipo “*hands-on*” podem entusiasmar os discentes a aprender fazendo. No campo da arquitetura, entende-se que maquetes e modelos podem ser um estímulo à criatividade e ao projeto (PINA; BORGES; MARANGONI, 2011). Tendo isso em vista, existe também a importância do uso desses recursos para uma compreensão tridimensional do objeto arquitetônico e do comportamento estrutural dos edifícios (LARSEN, 2020). Na atividade proposta no formato de oficina, pode-se perceber alguns dos pontos levantados.

Em primeiro lugar, a competição com o teste de cargas mostrou ser uma provocação acertada, porque motivou os participantes – em princípio indecisos quanto à participação – e serviu como gerador de ideias. Tanto pelo fato de manterem o interesse pelos resultados até o fim do dia, quanto pela variedade das formas e do uso dos materiais nos cinco modelos apresentados. Nesse sentido, uma organização clara e com a definição das tarefas a serem realizadas em cada uma das etapas pode ter contribuído para o resultado do experimento.

De acordo com o que se verificou no desenvolvimento da proposta dos participantes, viu-se que, na segunda etapa (à tarde, com a produção dos modelos), eles puderam visualizar a materialização do que haviam pensado. A ideia de construir

algo pode ser positiva no ensino de Projeto em consonância com a concepção estrutural, porque remete os estudantes a questões como a materialidade, a lógica e o comportamento das estruturas, além de possibilitar o entendimento do espaço com três dimensões, mesmo em escala reduzida. Por isso se vê a importância de um ciclo projetual dentro do ateliê mais integrado à fabricação de modelos físicos, primeiro porque os estudantes conseguem entender melhor o que foi desenhado, segundo porque, com essa concretização da ideia em um modelo, eles são compelidos a pensar nos seus esforços e conexões.

Pôde-se perceber que os graduandos mais avançados conseguiram integrar melhor o espaço à estrutura desejada e que boa parte deles entendeu e percebeu as questões estruturais de maneira integral, o que aponta para uma boa impressão do Ensino de Estruturas no curso. Logo, possivelmente, este é o lado positivo da produção de modelos físicos no início do curso, pois os estudantes podem perceber e aprender-fazendo de forma empírica os pontos que necessitam de melhor ponderação em termos estruturais, e como podem resolver, mesmo que não entendam todos os conceitos sobre o assunto. Outra sugestão talvez fosse estipular um tipo de estrutura para todos os grupos, tornando a competição mais justa. Porém o intuito foi incentivar a criatividade dos participantes e liberá-los para a escolha do sistema estrutural, de modo a imprimir na sua formação como a concepção é importante no processo de projeto arquitetônico.

Como primeiro experimento da pesquisa, essa Oficina servirá como base para uma proposta de inserção da concepção estrutural mais completa dentro do ensino de projeto. A concepção estrutural auxiliada por modelos físicos é uma solução testada por outros autores e se apresenta muito eficiente em diversos aspectos, especialmente na área estudada, pois se mostra favorável na tentativa de mudar um pouco a visão que os estudantes têm sobre Estruturas, podendo apontar soluções para uma futura conciliação entre os dois temas dentro do curso.

## 5.2 Oficina de concepção estrutural auxiliada por modelos físicos 2 – SAU/UNICAMP

Semelhante à primeira, esta oficina também tem o intuito de testar a estratégia da experiência de pensar/imaginar um espaço e conceber a sua estrutura, como também seguir a ideia do teste de cargas como atividade de incentivo ao entendimento dos esforços estruturais e suas características, também vastamente mencionado nas publicações da área (VRONTISSI, 2015; WHITEHEAD, 2020).

Em decorrência da pandemia da COVID-19, a SAU foi realizada remotamente, ou seja, por meio da plataforma do *Google Meet*. De acordo com a organização do evento, a Oficina de Concepção Estrutural Básica foi realizada no dia 24 de novembro de 2020, das 9h30 às 17h e teve o apoio de duas monitoras. Diferente da primeira oficina realizada na UFRN, os trabalhos realizados foram individuais em função da imposição do isolamento social. No total, nove estudantes participaram e apenas seis deles terminaram os modelos e apresentaram o trabalho (destes, 5 deles estavam no 2º período do curso e 1 no 8º).

A proposta foi desenvolver a concepção básica de uma estrutura de um **vão de médio porte** para abrigar as atividades da SAU, como espaço de convívio e reuniões, ou seja, uma estrutura temporária. O “Pavilhão da SAU” tem como local de implantação uma área próxima ao estacionamento do prédio da Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura e em frente ao Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção (LAPAC) com dimensões de 30m de profundidade e 25m de largura (Figura 59).

Figura 57: Local da Intervenção.



Fonte: Google Earth, adaptado pela autora.

Figura 58: Local da Intervenção.



Fonte: Street View - Google Maps.

Conforme programação acordada com a organização do evento, o primeiro passo foi explicar a pesquisa em andamento para a tese e a ideia da realização da Oficina; em seguida, os participantes assinaram o formulário do Comitê de Ética. A segunda etapa foi mostrar alguns exemplos de projetos de coberturas de médio porte, alguns detalhes construtivos, uma rápida explicação da lógica dos caminhos das forças e conceitos estruturais básicos, já que mais da metade dos estudantes estava no início do curso. O resto da manhã foi destinado ao desenho e planejamento do modelo e assessoria.

Na parte da tarde, o tempo foi reservado para a confecção dos modelos e, ao final do dia, os que conseguiram terminar apresentaram a proposta e realizaram um pequeno teste de cargas. A ideia aqui foi, mais uma vez, proporcionar aos estudantes uma experiência que promovesse melhor compreensão do funcionamento da proposta estrutural, de maneira intuitiva e criativa.

Quadro 8: Programação da Oficina de Concepção Estrutural – SAU.

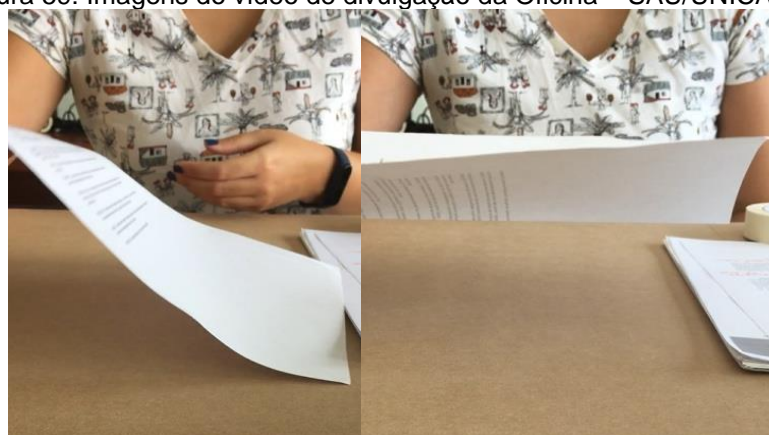
<b>9h30</b>	Apresentação da Oficina Explicação sobre Estruturas e Exemplos de Projetos e Modelos Físicos Exposição do exercício a ser desenvolvido
<b>10h30</b>	Desenvolvimento da Concepção Básica da Estrutura Assessoria
<b>12h</b>	Parada para Almoço
<b>13h</b>	Assessoria Conclusão das Propostas
<b>13h30</b>	Confecção do modelo
<b>17h</b>	Apresentação do modelo e teste de carga de cada estudante (máximo 5 minutos por participante)
<b>17h30</b>	Conclusão da Oficina

Fonte: Autoria própria.

Sendo a oficina virtual, partiu-se da premissa que seria necessário utilizar materiais que os estudantes tivessem facilmente à disposição em suas casas,

tomando como base também o exposto no livro de Sophia Vizovitty – *Folding Architecture* (VYZOVITI, 2003), e no artigo de Ivan Markov – *Structural Harmony and Model Discourse* (MARKOV, 2006), em que os estudantes produzem modelos físicos em papel e, no segundo, também fazem testes de cargas. Conseqüentemente, na semana da divulgação da Semana e da Oficina, foi apresentado aos estudantes um vídeo com alguns dos desafios de construir modelos de papel, cujo intuito foi gerar curiosidade e chamar-lhes a atenção, incentivando-os a participar da atividade, uma vez que esta seria realizada em outra instituição.

Figura 59: Imagens do vídeo de divulgação da Oficina – SAU/UNICAMP.



Fonte: Foto tirada pela autora.

Figura 60: Imagens do vídeo de divulgação da Oficina – SAU/UNICAMP.



Fonte: Foto tirada pela autora.

Em relação às regras da fabricação do modelo físico: primeiro, optou-se pelo uso da escala de 1/50 como forma de aumentar o desafio de vencer o vão; segundo, estabeleceu-se que o papel não poderia ser estruturado com cola ou fita, o que só seria permitido nas conexões (semelhante ao artigo de MARKOV, 2006); terceiro, a quantidade de papel a ser utilizada era ilimitada; quarto, não foi permitido utilizar outro tipo de papel ou com gramatura diferente de 75g/m<sup>2</sup> (papel sulfite A4); e, por fim, os modelos deveriam ser fixados em uma superfície plana para realização do teste.

Figura 61: Materiais sugeridos para desenho e fabricação do modelo.



Fonte: Foto tirada pela autora.

É importante ressaltar que as imagens apresentadas com os exemplos de modelos físicos em papel, escolhidas para mostrar diferentes possibilidades e a relação entre o espaço a ser pensado e sua estrutura, foram disponibilizadas para os participantes durante a Oficina, mas eles também pesquisaram suas próprias referências. Após as explicações da proposta do Pavilhão, os estudantes começaram a pensar nos modelos e desenhar e, a partir daí, sendo a oficina virtual, houve certa dificuldade<sup>41</sup> na observação dos processos dos participantes, pois só procuraram assessorias quando tinham dúvidas e foram poucos os que discutiram questões do espaço e da estrutura na parte da manhã.

## 5.2.1 O Processo

### 5.2.1.1 Parte I – Concepção (Manhã) – PENSAR

Na segunda parte da manhã, os estudantes desenharam suas propostas para o Pavilhão da SAU. Após essa primeira fase, alguns perguntaram sobre as regras, especialmente sobre a quarta delas, que estipulava a não estruturação do papel com fita ou cola. Várias alunas tiveram dificuldades com a escala e uma das monitoras a ajudou nesse aspecto. A maior parte das dúvidas dos participantes tratou de onde colocar os elementos que suportariam as cargas e, tendo isso em conta, muitas vezes se questionou como esses elementos poderiam interferir no espaço interno do pavilhão e no objetivo de reunião dos estudantes.

É importante informar que metade das participantes está no início do curso, o que justifica algumas das questões levantadas inicialmente. Por outro lado, duas das

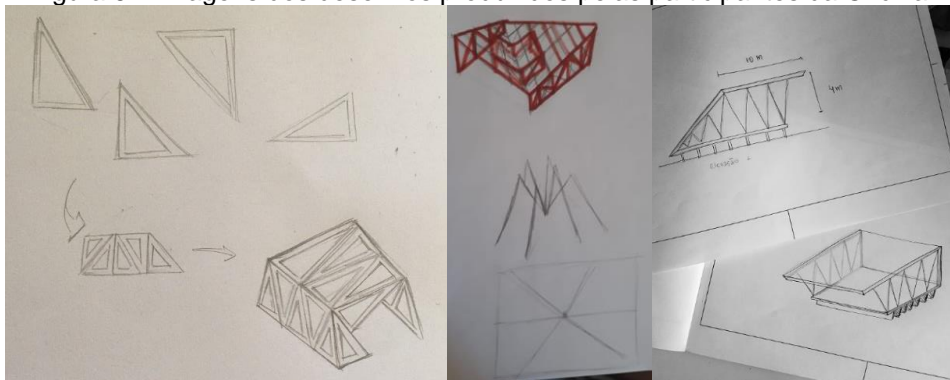
---

<sup>41</sup> Nenhum dos participantes permaneceu com a câmera ligada ou o microfone, apenas nos momentos de assessorias e apresentação do modelo.

alunas mais avançadas na graduação iniciaram a assessoria mais rapidamente e apresentaram suas ideias com perspectivas e desenhos com mais de uma opção, fazendo perguntas sobre o espaço e estruturas mais complexas, além de mostrarem mais confiança nas decisões do modelo (Figura 62). Nestes casos, verificou-se que, apesar da maior experiência, não foram estes os projetos que conseguiram suportar as maiores cargas, em contrapartida, tiveram uma maior complexidade do ponto de vista estético e estrutural.

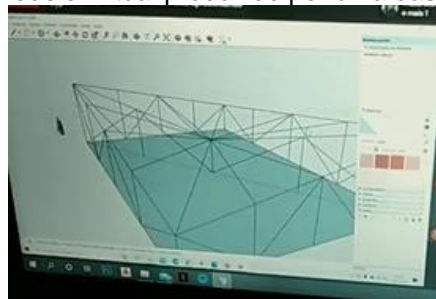
Um dos participantes iniciou o processo de pensar o pavilhão fazendo testes com o modelo e em sua primeira assessoria já tirou algumas dúvidas estruturais, especialmente sobre como resolver a cobertura. Outro utilizou o *Sketchup* (Figura 63) para resolver o pavilhão, o que pode ter contribuído no entendimento do espaço projetado em três dimensões, porque, apesar da simplicidade do modelo virtual, o programa possibilita a visualização do objeto de vários pontos de vista e a “entrada” virtual no ambiente.

Figura 62: Imagens dos desenhos produzidos pelas participantes da Oficina.



Fonte: Fotos tiradas pelas participantes da Oficina.

Figura 63: Imagem do modelo virtual produzido por uma das participantes da Oficina.



Fonte: Fotos tiradas pelas participantes da Oficina.

Durante as assessorias, foi possível perceber que várias das participantes buscaram outras referências de estruturas de papel na internet, além daquelas apresentadas na Oficina. Acredita-se que, devido ao fato de o trabalho ser individual,

talvez tenham tido dificuldade por não discutir suas ideias com colegas e tenham buscado esse caminho como forma de ampliar o repertório e estimular a visão do que desejavam para o modelo. Nesse caso, o trabalho em grupo poderia contribuir para a discussão de ideias, sendo uma oportunidade de interação entre estudantes de diferentes semestres nas atividades pontuais dentro da graduação.

Apesar de todas as dificuldades envolvidas em uma oficina virtual, intensificadas por conta da sua característica “mão-na-massa”, foi interessante observar como as participantes se comprometeram com o trabalho. A contribuição das monitoras também foi importante pela proximidade com os estudantes e disposição de ajudar durante todo o dia da oficina. Ao final da manhã, ao menos cinco dos modelos já tinham sido apresentados para tirar dúvidas uma ou duas vezes e dois deles já haviam começado a fabricá-los. Uma das alunas optou por não parar no intervalo e concluiu o modelo físico antes de todos os participantes. Também foi possível perceber que a maior parte das propostas sofreu modificações durante a tarde, talvez devido a alguns obstáculos de construção do modelo em papel, ou seja, o momento destinado ao “fazer”, como será comentado a seguir.

#### **5.2.1.2 Parte II – Concepção e produção dos modelos físicos (tarde) – FAZER**

Nesse segundo momento da Oficina, o tempo destinado à fabricação do modelo foi de aproximadamente três horas, tendo sido antecipado o final da atividade, porque os estudantes pediram para assistir uma palestra programada para as 17h.

Em se tratando de modelos em papel com fita, o tempo destinado à produção do modelo foi suficiente, não sendo necessário esperar pela secagem de cola ou algo semelhante, o que foi proveitoso, já que, com a conclusão de algumas partes os participantes fizeram testes (empurrando os elementos com as mãos para baixo, semelhante ao vídeo de divulgação) e tiraram dúvidas sobre como aprimorá-lo. Foi possível perceber que a fabricação em papel foi um desafio do ponto de vista estrutural por ser um material leve, embora tenha sido amenizado pela facilidade de manuseio e resistência quando dobrado ou enrolado.

Nessa fase observou-se que surgiram mais dúvidas derivadas de alguns resultados observados pelos participantes ao produzirem o modelo. Os estudantes apresentaram as propostas e mostraram como os protótipos e as partes reagiam quando submetidos a pequenas cargas ou empurrados em outros sentidos

(horizontal). Isso foi importante perceber porque, neste momento, eles começaram a verificar não só os esforços de tração e compressão, mas também os de cisalhamento, flexão e torção. Aqui, mais uma vez, mesmo sem compreender muito as diferenças entre cada um desses fenômenos, algumas das alunas já reparavam os problemas e davam soluções sobre como resolvê-los e, ao mesmo tempo, faziam perguntas sobre como poderiam dar mais estabilidade ao papel.

Em contrapartida, houve muitas perguntas sobre a fabricação do modelo, se estava dentro das regras e os melhores jeitos de fazer conexões com fita. É importante observar que algumas das alunas não assessoraram suas propostas na segunda parte da Oficina, talvez por isso, mesmo com orientação inicial, dois dos modelos não condisseram com a proposta de pavilhão ou seguiram a regra do vão mínimo de 8m, conseqüentemente, foram os modelos que suportaram as maiores cargas. De qualquer maneira, não foram excluídos da análise e estão listados a seguir, com essa ressalva. À exceção dessas duas propostas, as demais seguiram as ideias-chave apresentadas na parte da manhã e, nesses casos, suas mudanças ocorreram ora porque não seguiram a escala indicada desde o começo, ora porque diminuíram a quantidade de elementos devido ao tempo de execução, ou ainda, aumentaram o modelo para tentar melhorar o espaço do pavilhão.

Com o intuito de explicar algumas questões do espaço desejado e da realização do modelo em papel, além de mostrar na prática como seria o teste de cargas, enquanto os participantes estavam trabalhando, produzimos um modelo simples em papel com formato de losango com quatro apoios, com “pilares” cilíndricos (enrolados) e “vigas” retangulares (dobradas). Logo, a partir do momento em que a maior parte dos estudantes confirmou haver terminado a atividade, apresentamos o modelo, explicando as dificuldades para fazer as conexões e os resultados esperados ao submetê-lo às cargas. Em seguida, sendo um por vez, sete dos nove participantes abriram a câmera e realizaram o teste, no entanto, nem todos enviaram as imagens dos protótipos. Conseqüentemente, foram considerados apenas os resultados dos seis que compartilharam as fotos, que serão apresentados no item a seguir.

### **5.2.2 O resultado e o teste – QUEBRAR**

Mais uma vez, o teste de cargas foi o momento mais esperado da Oficina. A maior parte dos participantes estava ansiosa para testar seus modelos e o seu

interesse foi perceptível, pois participaram e opinaram nos testes dos colegas. Além disso, os resultados deste experimento foram mais uma vez surpreendentes, porque mesmo sendo modelos em papel e fita tiveram uma média do peso suportado de 6,97kg<sup>42</sup>. Seguindo a lógica da apresentação da primeira oficina, aqui serão comentados os modelos da maior para a menor capacidade de carga.

### 5.2.2.1 Modelo 1

Este modelo seguiu um sistema de pórtico com um formato elíptico, em concordância com o formato mais alongado do terreno. Do ponto de vista do espaço proposto para o Pavilhão, o trabalho foi bem sucedido, considerando dimensões apropriadas com uma forma curva que contribui para a reunião de pessoas no ambiente, contando também com mais de uma entrada de pessoas. A aluna fez alguns testes antes do final da Oficina, identificou os pontos mais fracos e reforçou as conexões. Outra tentativa de fazer com que a estrutura ficasse mais rígida foi a utilização de várias folhas de papel para fazer os tubinhos, que seriam os elementos estruturais. O modelo suportou **4kg** sem quebrar completamente, mas, por conta da fixação na base, pendeu para o lado com o peso no meio do “vão”.

Figura 64: Modelo físico 1.



Fonte: Fotos tiradas pela participante da Oficina.

Figura 65: Foto do teste de carga do Modelo 1.



Fonte: *Print* da videoconferência da Oficina.

<sup>42</sup> A sugestão foi que os estudantes utilizassem quilos de alimentos fechados para o teste de cargas – o que seguiram inicialmente, mas, quando não foi suficiente, a maior parte deles achou mais fácil utilizar livros e depois pesar tudo em uma balança.

### 5.2.2.2 Modelo 2

O Modelo 2 seguiu o formato de um pentágono com pilares em “v”, com um bom espaço central sem interferências de pilares. Depois, a junção de mais “vigas” acima para a cobertura foi diminuindo os lados dos formatos geométricos (outro pentágono, um quadrado e um triângulo), dando um bom suporte para a transmissão das cargas durante o teste. Do ponto de vista arquitetônico, foi um bom exemplar de pavilhão temporário com espaço adequado para reunião e convivência, assim como aberturas nos cinco lados, possibilitando muitas entradas e vistas. O modelo suportou cerca de **5,6kg** e cedeu em um dos pontos da base, fazendo-o pender para o lado por alguns milímetros de localização desse ponto em relação aos demais (sem simetria).

Figura 66: Modelo físico 2.



Fonte: Fotos tiradas pela participante da Oficina.

Figura 67: Foto do teste de carga do Modelo 2.



Fonte: Print da videoconferência da Oficina.

### 5.2.2.3 Modelo 3

Visualizando o espaço interno do modelo, é possível perceber que cumpriu as exigências da proposta do pavilhão e seguiu todas as regras de produção. É importante dizer que o modelo ainda contava com algumas vigas de sustentação da

cobertura, que não foram fabricadas por conta de algumas dificuldades de produção do modelo que tomaram um pouco do tempo. Nesse trabalho também foram utilizadas várias folhas de papel para a produção dos “elementos estruturais”, com o intuito de aumentar sua rigidez. O pavilhão seguiu a ideia de uma viga que tem a altura do pavimento, semelhante ao sistema de viga “Vierendeel”. Em um dos lados, optou-se por não colocar os elementos da diagonal para possibilitar uma maior abertura de entrada de pessoas no Pavilhão. Durante o teste de carga, o modelo cedeu após uma carga de **6kg**, o que mostrou que a rigidez alcançada foi eficaz, mas que a falta de algumas partes pode ter diminuído sua capacidade de resistir a maiores cargas (Figura 69).

Figura 68: Modelo físico 3.



Fonte: Fotos tiradas pela participante da Oficina.  
Figura 69: Foto do teste de carga do Modelo 3.



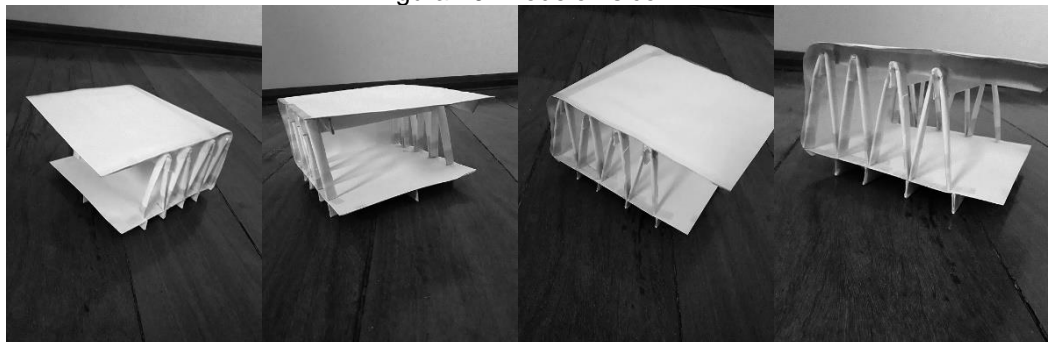
Fonte: *Print* da videoconferência da Oficina.

#### 5.2.2.4 Modelo 4

O modelo mostra uma proposta de espaço mais elaborada que as demais, uma forma pensada em conjunto com a estrutura. Isto se percebe na atenção aos itens estruturais lançados para a periferia do modelo e através de uma base mais bem estruturada, “travada” com várias vigas de “fundação” e um “piso”, além de uma cobertura sustentada por vigas paralelas apoiando outras mais altas. Talvez tenha sido a proposta mais bem planejada do ponto de vista estrutural em consonância com

a forma e o espaço, sem interferências internas do vão e no ambiente de reunião e convivência. O modelo suportou uma carga de **6kg** e talvez suportasse um pouco mais, caso o teste não fosse realizado no meio do vão ou no ponto mais frágil do modelo, o que era uma das regras da Oficina. É importante notar que foi um dos dois únicos modelos que não utilizaram o método de enrolar o papel em tubinhos, apenas dobrando-os para garantir a rigidez desejada.

Figura 70: Modelo físico 4.



Fonte: Fotos tiradas pela participante da Oficina.

Figura 71: Foto do teste de carga do Modelo 4.



Fonte: *Print* da videoconferência da Oficina.

#### 5.2.2.5 Modelo 5

Este modelo partiu do conceito de uma unidade básica muito comum em estruturas temporárias, e um ponto bastante positivo. Neste caso, deve-se levar em conta que esta proposta foi de uma das alunas mais avançadas no curso de Arquitetura. Apesar de não ter seguido umas das regras da Oficina – a que definia como vão mínimo o de 8m (na escala de 1/50, 16cm), o modelo foi bem executado e não usou o método de produção de tubos, mas de dobraduras. Tendo em vista a proposta para o pavilhão, ela foi adequada, uma vez que os módulos foram dispostos nas laterais, possibilitando duas entradas e um bom espaço interno. O modelo cedeu

com uma carga de aproximadamente **7kg**, devido às conexões em fita, porque apesar dos elementos periféricos terem tido uma leve flexão (Figura 73), eles não cederam.

Figura 72: Modelo Físico 5.



Fonte: Fotos tiradas pela participante da Oficina.

Figura 73: Fotos do teste de carga do Modelo 4.



Fonte: Fotos tiradas pela participante da Oficina.

### 5.2.2.6 Modelo 6

Este modelo também seguiu a forma de um pentágono, mas, diferente do Modelo 2, seus pilares em “v” são invertidos. Ele também foi produzido com uma quantidade generosa de papel em cada um dos “tubos” e suas conexões foram bem reforçadas com fita crepe. Em se tratando do espaço interno, apesar de inicialmente ter um espaço livre, com a inclusão da cobertura, acredita-se que a aluna percebeu que o centro seria o local mais frágil e adicionou três “pilares” no centro. Essa solução fez com que a proposta desobedecesse à regra do vão mínimo de 8m (na escala de 1/50, 16 cm) e pode ter resultado na maior carga suportada, que foi de **13,245kg**. Assim, o modelo também não condiz totalmente com um pavilhão aberto destinado a reuniões, pois possui um apoio bem no centro da “edificação”. Porém, podem-se levar em conta as características gerais da proposta e a experiência com o modelo físico, o qual resultou na inserção de mais elementos para aumentar a estabilidade do objeto.

Figura 74: Modelo Físico 6.



Fonte: Fotos tiradas pela participante da Oficina.

Figura 75: Foto do teste de carga do Modelo 6.



Fonte: Print da videoconferência da Oficina.

### 5.2.3 Análise da Oficina de Concepção Estrutural 2 – SAU/UNICAMP

Nessa oficina, foram percebidas várias dificuldades, especialmente devido à necessidade de realização remota, acarretando questões que poderiam ser minimizadas presencialmente. No entanto, foi possível perceber pontos já comentados por alguns autores (LARSEN, 2020; PINA; BORGES; MARANGONI, 2011; WHITEHEAD, 2020), como a visualização e percepção do modelo físico como uma ferramenta importante de ensino e como um incentivo à reflexão do vínculo do espaço e da estrutura. Foi importante observar também que, apesar da pouca experiência em projetar de alguns participantes, todos os modelos apresentados tinham potencial para evoluir e ser propostas pertinentes ao tema colocado.

Como explicado anteriormente, houve um inconveniente por conta da realização da Oficina virtual, que foi identificado devido à falta do contato direto com os estudantes em alguns momentos. Este obstáculo aconteceu porque, quando inabilitam a câmera e o áudio, não é possível ajudá-los no sentido de pensar na forma e na estrutura como algo conectado, ou seja, como algumas das suas escolhas irão

influenciar no espaço interno do pavilhão proposto. Apesar disso, viu-se que os participantes mais interessados terminaram o modelo e observaram atentamente sua estrutura na brincadeira do teste de cargas.

É importante ressaltar, também, que a característica virtual trouxe outros empecilhos, por exemplo, a impossibilidade de uso de outros materiais além do papel, que foi escolhido pela facilidade de acesso e a não necessidade de ferramentas específicas (alicates, estiletes, serras, cola quente etc.) na produção do modelo. Todavia, assim como nas práticas de Origami, cuja inserção no ensino de projeto como identificado por Mônica Lima (LIMA, 2017), percebeu-se com o papel certas particularidades interessantes na produção de modelos físicos, especialmente sob uma percepção estrutural, porque sendo ele leve e muito maleável, primeiro, proporcionou um desafio de construção do modelo e, segundo, intensificou a percepção dos esforços nas peças. O mais importante sobre esse material foi a percepção dos estudantes em como achar estratégias para deixar seus modelos mais estáveis, pensando, também, nas suas repercussões dentro do espaço a ser criado com essa estrutura.

Um outro ponto a ser observado é que, apesar do teste de carga ser um bom incentivo, não só para a participação, mas também para a fabricação do modelo, se os participantes não buscam orientações, podem intensificar o desejo de tornar o objeto resistente a todo custo, indo de encontro às necessidades espaciais da proposta. Isto, somado à pouca comunicação com os estudantes e seus trabalhos, pode ter resultado em dois modelos em desacordo com as regras da Oficina. Por outro lado, ainda que a maior parte dos estudantes participantes esteja no início do curso de Arquitetura, os modelos físicos apresentados mostram possibilidades de realização de um pavilhão temporário com características apropriadas dos pontos de vista arquitetônico e estrutural.

Em síntese, a Oficina se mostrou um experimento em que participantes, apesar de poucos numericamente, em parte devido às características do modo virtual, se mostraram interessados e animados a fabricar o modelo físico. As contribuições dos estudantes e suas dúvidas levantam tópicos sobre como podem visualizar de maneira tridimensional e entender melhor a estrutura, sendo ela um limitador do espaço e a chave da materialização da ideia arquitetônica. Nesse sentido, apesar de todas as

questões colocadas, a Oficina foi bem sucedida, perceptível pelos trabalhos apresentados e entusiasmo dos estudantes ao final do dia.

#### **5.2.4 Considerações sobre a Oficina da SAU/UNICAMP**

Existem inúmeras possibilidades em que uma pessoa pode visualizar as condições estruturais de um objeto e entender melhor como elas funcionam e como as forças podem atuar sobre seus elementos. Em uma única aula de laboratório, pode-se compreender os diferentes tipos de esforços, sendo o equilíbrio de uma peça necessário para dar suporte aos demais elementos, além de entender como um simples empilhar e vencer vãos requer certa destreza inicialmente (WHITEHEAD, 2020). Mais uma vez, acredita-se que oficinas e atividades pontuais podem ser inseridas durante o processo de projeto a fim de ajudar os estudantes a pensarem nas respostas estruturais para os espaços que estejam projetando, sendo seu principal objetivo ressignificar tais questões nesses momentos de criação.

Partindo do princípio que o desenho é um modo de representação muito limitado do produto de arquitetura (LAWSON, 2011), que o uso de modelos físicos não necessita de habilidades especiais para entender a espacialidade e que essa visão/imaginação 3D só é adquirida com certo tempo de treinamento em projeto, a produção de tais modelos se apresenta como algo acessível aos estudantes (LARSEN, 2020), especialmente aos que estão no início do curso. Fazer uma maquete é comum para a maioria e essa atividade coloca um pouco de lado questões específicas da representação de desenhos técnicos e as aptidões necessárias para tal. Dessa forma, fabricar materialmente uma proposta retira algumas dificuldades de expressão colocadas pelo lápis e o papel, e se torna um ato muito sensível quando se trata de um pensamento que produz uma cobertura que limite um espaço. Ela abraça um lugar e o torna habitável e mesmo em escala reduzida permite imaginar vistas e perspectivas, além de permitir a um iniciante de arquitetura ver e sentir o que está propondo e iniciar uma “conversa” com o modelo (LAWSON, 2011; SCHÖN, 2000). Essa facilidade de colocar o estudante em contato com uma proposta de projeto para que ele “coloque a mão na massa” o posiciona em uma situação de projetista, onde a gravidade o ajuda a entender melhor a estrutura do que ele quer fazer, enquanto o modelo ajuda a ver qual espaço está surgindo a partir dela.

Se levarmos em conta o estudo apresentado por Lawson (Capítulo 2), o grupo de arquitetos, mesmo sem ter tido o melhor desempenho, mostrou boas habilidades em formar soluções tridimensionais, semelhante ao resultado de alguns modelos da Oficina. Ponderando sobre como o autor vê o processo de projeto (análise, tese e avaliação), percebe-se também que ele considera o ato de se **movimentar**, isto é, criar soluções a partir da transformação da ideia inicial para outras interpretações e, assim, voltar ao ponto de partida (LAWSON, 2011). Neste caso, viu-se que, ao passo que os participantes pensavam, fabricavam e testavam, eles tendiam a voltar para a etapa preliminar, o que também aconteceu após os momentos de assessoria.

Nessa Oficina entende-se que o teste de cargas se mostrou um incentivo para envolver os estudantes em questões espaciais e estruturais, mas que as dificuldades de interação com os mesmos levaram a problemas do cumprimento das restrições do espaço proposto *versus* o desejo por uma estrutura mais resistente. Apesar disso, o teste realizado por cada participante, não só ao final da oficina como durante a fabricação do modelo, possibilitou a percepção de vários aspectos, como, por exemplo, o aumento/diminuição de elementos, que influencia na forma e na espacialidade do pavilhão, assim como a sua forma muda a apreensão do espaço proposto. Finalmente, foi possível perceber que o teste, quando tratado como uma brincadeira ou jogo, torna-se leve e estimula os estudantes a pensarem sempre na relação entre espaço e estrutura.

Acredita-se que a Oficina mostrou resultados importantes, mas quando comparados à primeira, realizada presencialmente na UFRN, vemos questões relativas aos modos presencial e virtual que influenciaram na produção e no aprendizado dos discentes. É possível realizar atividades remotas<sup>43</sup> que enfoquem as questões espaciais e estruturais, mas considera-se que os obstáculos encontrados devido à esta característica foram significativos.

Dentro do processo de projeto de arquitetura não existem regras para a junção da forma, da função e da tecnologia; neste caso, os projetistas usam os conhecimentos de maneira heurística (KOWALTOWSKI; BIANCHI; PETRECHE, 2011). Neste sentido, a oficina foi uma experiência positiva com a produção de modelos físicos, especialmente considerando a facilidade de acesso e manuseio dos

---

<sup>43</sup> Por conta do distanciamento social imposto pela pandemia da COVID-19 em 2020 e 2021.

estudantes do início do curso, sendo uma atividade exploratória das possibilidades estruturais. Por fim, vê-se, mais uma vez, que ela também permitiu que os estudantes se aproximassem da concepção estrutural, sem enxergá-la como um tópico longe do seu alcance, e que pode estar inserida num momento de criação.

## 6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta última seção, pretende-se recapitular quais os principais pontos verificados em cada disciplina de Projeto analisada e em cada Oficina realizada, confrontando os resultados com o referencial teórico apresentado nos Capítulos 1 e 2.

Antes disso, deve-se destacar que a construção de roteiros analíticos foi essencial para a organização e a realização da pesquisa, buscando responder às inquietações apresentadas inicialmente, e estabelecendo parâmetros a serem averiguados em cada momento, o que nos permitiu identificar especificidades do ensino/aprendizagem da concepção estrutural em cada etapa: na análise dos planos de curso, na observação direta, no discurso de estudantes e no dos professores e em vários dos trabalhos apresentados pelos estudantes. Do mesmo modo, o planejamento cuidadoso nos permitiu estabelecer procedimentos que nortearam também a realização dos testes de estratégias de concepção estrutural por meio das Oficinas, como potenciais atividades complementares ao ensino regular em disciplinas.

### 6.1 Análise das Disciplinas Projeto IV (UFRN) e Projeto IX (UNICAMP)

Primeiramente, deve-se ressaltar que foi importante acompanhar uma disciplina com proposta de integração (UFRN) e outra com participação de um professor convidado (UNICAMP). Em segundo lugar, também foi adequado à pesquisa que, nos dois casos, os estudantes já tinham certa experiência de concepção arquitetônica. Vale também ressaltar que **cada uma das instituições tem suas particularidades**: numa o curso é vespertino, noutra noturno; além disso, seus currículos, professores e estudantes possuem perfis e características distintas também. E ainda, os dois estudos de caso encontram-se em períodos diferentes do curso e Arquitetura e Urbanismo, sendo levada em consideração a experiência projetual das duas turmas dentro da pesquisa. No entanto, ambas as escolas se caracterizam por uma formação mais tecnológicas, tendo sido originadas a partir de

cursos de Engenharia Civil. A UNICAMP por outro lado é uma instituição maior, com mais estudantes e uma melhor infraestrutura para o curso de AU.

Outro ponto a ser destacado foram os **materiais construtivos** indicados pelos docentes, pois existe significativa diferença entre os edifícios de concreto armado e os de madeira. Segundo Amorim (2014), o **concreto armado** é versátil, por se tratar de um material fluido, que abraça armaduras e tramas e, ao endurecer, pode vencer grandes vãos e compor formas sinuosas, como as concebidas por Oscar Niemeyer. Já a **madeira**, nesse contexto contemporâneo, tem um forte vigor construtivo e estrutural, porque tem a capacidade de lidar com diferentes esforços em uma mesma peça, o que pode impulsionar a criatividade para a obtenção de formas variadas, por isso sua expressão plástica é diferente em muitos lugares do mundo. Suas opções engenhairadas possibilitam a experimentação de uma riqueza de composições euclidianas e das superfícies complexas, abrindo um vasto leque de composição formal (AMORIM, 2014). A maneira de pensar na estrutura varia de acordo com cada material estrutural e também com cada tipo de projeto arquitetônico. Mesmo apresentando muitas semelhanças, a concepção estrutural em madeira reflete o uso de um sistema um pouco mais flexível e dinâmico, devido às suas propriedades físicas.

Como visto anteriormente (Tabela Síntese da Análise), nos pontos a serem aperfeiçoados no caso da UFRN, podemos atentar para a intensificação de um pensamento voltado para as propostas estruturais, uma vez que foi um tópico relevante apresentado em seu Plano de Curso. Consideramos também que a **livre escolha dos materiais** poderia gerar um estímulo para os estudantes buscarem outros sistemas construtivos ou alternativas para seus projetos diferentes das que estão habituados. Como discutido no momento da entrevista, eles já compreendem que certas opções estruturais podem não estar de acordo com as características espaciais de seus trabalhos.

Sobre este aspecto, entende-se que as justificativas dadas pelo docente sobre a facilidade de visualização na cidade e representação do concreto armado remetam a uma cultura da própria Escola de Arquitetura, assim como à sucessão de tentativas de integração entre as componentes curriculares que vem acontecendo na UFRN nos últimos anos.

Quanto à **integração de disciplinas** na UFRN, percebeu-se que, a partir do momento em que o professor de Estruturas limita o trabalho dos estudantes dentro da disciplina a um método analítico de calcular vigas e pilares de um edifício existente, isso pode ter diminuído o interesse dos estudantes pelos aspectos estruturais, não vendo a ligação com a disciplina de Projeto e o trabalho do semestre, podendo ter comprometido, em parte, a criatividade dos discentes, como comentado nas entrevistas coletivas. Consequentemente, pôde-se observar que os estudantes tendem a tratar a disciplina de Estruturas como algo a ser superado, esperando apenas a aprovação, e não algo a ser integrado e pensado dentro do ateliê (REBELLO; LEITE, 2015; SWARTZ, 2006; ÜNAY; ÖZMEN, 2006) o que também foi comentado pelo professor durante sua entrevista. Consideramos que não houve integração efetiva entre as matérias, apesar da iniciativa ter sido considerada no Plano de Curso de Projeto IV. Percebe-se as consequências da falta desse diálogo nos trabalhos dos discentes.

De outro ponto de vista, acreditamos que o **ensino de Estruturas** nas duas universidades forma uma sólida base dos conhecimentos necessários para o ato de projetar e não nos cabe discutir nesta tese sobre seus métodos e temáticas. Entretanto, acredita-se que em ambos os casos e em muitas Escolas de Arquitetura brasileiras, há pouca consideração ou uma frustrada tentativa de integrar estes conteúdos ao Projeto Arquitetônico. Não sabemos se isso ainda acontece devido a uma formação dos professores profundamente pautada no cálculo ou da divisão histórica entre arquitetos e engenheiros, que ainda repercute na educação dos arquitetos, porém, vê-se a persistência dessa dissonância do ensino de Projeto e de Estruturas também nos dois casos estudados. Na UFRN, como exemplo de uma separação mais aparente das atividades de cada disciplina mesmo com uma iniciativa de integração no início do semestre, e, na UNICAMP, com a necessidade de suprir os estudantes com assuntos sobre estruturas de madeira com a presença de um professor visitante e o esforço de fazê-los pensar na indissociabilidade delas e seus trabalhos em uma fase mais avançada da graduação, o que também pode ser fruto dessa barreira entre os dois campos ao longo do curso.

No caso da UNICAMP, um dos diferenciais da disciplina de Projeto IX foi a participação de um PEV em estruturas de madeira; contudo, vale lembrar sua pouca experiência com o processo de projeto dos discentes. Não se pode negar sua

contribuição no desenvolvimento das estruturas de cada um dos trabalhos, nem sua colaboração para o entendimento do material e seu sistema construtivo por parte dos estudantes; entretanto, não verificamos em suas assessorias um desdobramento conjunto da concepção estrutural dos edifícios, ficando essa incumbência para a professora de projeto. À vista disso, compreendemos a **necessidade de uma formação mais especializada de professores** nesse assunto, de maneira que possam contribuir com os docentes de projeto.

Como indicado por alguns autores (CALLAHAN; SHADRAVAN; LEINNEWBER, 2016), é preciso ter um **equilíbrio entre as informações técnicas e os momentos de concepção** e as assessorias sobre estruturas dentro do ateliê. Porque conteúdos como o dos parafusos utilizados na madeira e recomendações contra pragas pareceram trazer certa intangibilidade a elaboração das estruturas, o que também acarretou um tempo reduzido de desenvolvimento do projeto.

Considerando todos os projetos analisados nos dois casos, alguns mostraram características de um lançamento da estrutura posterior à definição dos espaços, sendo um número maior no caso da UFRN. Essa diferença pode ter acontecido devido à participação e suporte do professor visitante de Estruturas em sala de aula na UNICAMP e pela constante lembrança da estrutura de madeira e sua influência na forma e na aparência do edifício, mesmo durante as aulas mais explicativas. Isso também indica que, mesmo com o incentivo constante de dois professores, os estudantes tendem a encaixar os elementos estruturais impondo-os a forma ou a função, o que, em alguns casos, pode ser um hábito ou certa indiferença quanto a tais aspectos.

Concluimos que o resultado dos projetos dos estudantes da UFRN foi de nível intermediário, porque não mostrou nenhum trabalho com índice de lógica estrutural e desenvolvimento da estrutura com nível avançado (4). Já no caso da UNICAMP, a participação de um professor visitante dentro do ateliê pode ter contribuído para um melhor desempenho dos estudantes em relação às questões estruturais. Apesar de certa dificuldade dos estudantes com um material pouco conhecido por eles, a análise dos Projetos se mostrou positiva, tendo cinco deles com índices avançados em relação ao desenvolvimento total da estrutura.

Entendemos que a complexidade das propostas não foi a principal característica a ser levada em consideração na análise dos Projetos, e sim uma solução estrutural adequada ao espaço proposto pelo estudante. Logo, consideramos, também que não se deve esperar que, como aprendizes, tenham respostas estruturais e projetuais tão consoantes e maduras quanto os exemplos apresentados pelos docentes, os quais são resultados de um longo percurso de experiência na Arquitetura e, muitas vezes, de um trabalho colaborativo mais complexo.

Foi possível perceber nas duas disciplinas que os exercícios de **desenho de detalhes e estruturas** estiveram presentes em grande parte do processo de projeto. Viu-se em ambas que houve um incentivo à um pensamento e a uma intuição estrutural e, em especial, ao material, à escala e à proporção. O que mostra um ponto favorável dos professores de Projeto terem essa visão da importância da concepção estrutural na formação prática e a necessidade de atividades integradoras de aprendizado ativo sobre esse assunto dentro do ateliê. Porém, outras ações poderiam ter sido tomadas, como a possibilidade de implementação dos **modelos físicos** como ferramenta de concepção, o que poderia ter sanado algumas dificuldades dos estudantes em entender a estrutura do edifício que estão projetando durante o semestre. E no caso da UFRN, momentos específicos do desenvolvimento estrutural e a inserção de uma atividade que estimulasse o **desenho**, semelhante à UNICAMP. Esta, por sua vez, poderia ter considerado uma divisão por tipologias estruturais para **assessorias em subgrupos**, seguindo o exemplo de Fowler e Rihal (FOWLER; RIHAL, 2019) apresentado no Capítulo 2. Esse sistema pode contribuir para o melhor aproveitamento das orientações, uma vez que muitos grupos têm dúvidas semelhantes quando projetam o mesmo sistema estrutural.

Especificamente sobre o **delineamento das disciplinas**, verificaram-se aspectos positivos nas duas. Como citado anteriormente, a utilização da técnica de **brainstorming** é favorável num contexto tão cheio de informações como o ateliê (SGAMBI; BASSO; CODAZZI, 2013), e foi sabiamente utilizada no caso de Projeto IV (UFRN), no qual considerou-se um momento bastante propício do processo de projeto. Assim como, a fabricação de um **modelo de plano de massa** foi importante para o desenvolvimento da ideia do edifício. Já sobre a organização passo-a-passo dos conteúdos ofertados (ILKOVIČ; ILKOVIČOVÁ; ŠPACEK, 2014), pode-se afirmar que, em Projeto IX (UNICAMP), o **planejamento das atividades de modo**

**sistemático** em três principais tópicos foi benéfico para o desenvolvimento das estruturas nos edifícios dos estudantes, uma vez que elas os encorajaram a buscar mais detalhes e a definir características que ainda estavam pendentes em um momento crítico do processo de projeto.

Como observado, as duas disciplinas experimentam dificuldades apontadas por alguns autores, como a formação em Estruturas ser focada no cálculo e o consequente desinteresse dos estudantes frente a estes tópicos no âmbito do ateliê. No entanto, elas apresentam tentativas de diminuir o distanciamento entre a concepção arquitetônica e a estrutural com estratégias que podem lançar luz sobre o tema e nos ajudar a entender de que maneira esse problema pode ser minimizado ou quais serão os principais desafios nesse percurso.

Por fim, entende-se que esses estudos contribuíram para a verificação de algumas estratégias de ensino, e que podem ser favoráveis à inserção do pensamento estrutural dentro do ateliê. Ambos tiveram características que podem ser aplicadas em outras disciplinas de Projeto, em especial, nas que propõem uma aproximação maior com as Estruturas. Eles apontam para uma realidade dessa didática dentro do ateliê que deixa um pouco a desejar, mas que pode ser aprimorada e ampliada através de métodos simples, como os citados acima, porém que irão exigir bastante dos docentes. Tendo isso em mente, as oficinas mostraram uma destas oportunidades que podem surgir e servir de catalisador do modo criativo de pensar: “como meu edifício vai ficar em pé?”, em caráter complementar ao ensino no ateliê.

## **6.2 Oficinas de concepção estrutural utilizando modelos físicos**

Aqui iremos discutir quais os principais pontos positivos e as dificuldades enfrentadas com o uso de modelos físicos como estratégia de ensino da concepção estrutural a partir das duas Oficinas realizadas no âmbito da pesquisa. Relembrando a ideia central das duas experiências, a proposta de uma cobertura para um pavilhão de médio porte, uma para as atividades dos Centros Acadêmicos do CT da UFRN, e outra para as da SAU/UNICAMP. Estes exercícios tiveram o principal objetivo estimular os participantes a pensarem como estas coberturas se sustentariam, fossem com palitos de bambu ou papel.

Do mesmo modo que nas disciplinas analisadas, reconhecemos as diferenças entre as duas experiências, especialmente, devido à necessidade do formato remoto da segunda Oficina, o que ocasionou uma mudança do material utilizado e a característica individual do exercício. Outro ponto a ser comentado é a quantidade de participantes e seus respectivos períodos dentro do CAU, que, na maioria, foram estudantes dos primeiros anos. Isto pode ser reflexo de uma visão ainda amistosa deles em relação à concepção estrutural ou de uma aversão gerada pelas dificuldades e pela abstração dos conteúdos de Estruturas que terminam por afastar os estudantes mais experientes de atividades desse tipo. Assim, apesar de certa resistência à participação por parte dos estudantes, as Oficinas nos mostraram ser um caminho possível para incentivá-los e fazê-los entenderem a relação entre a forma estrutural e o espaço resultante através do uso de modelos físicos.

As Oficinas confirmaram pontos defendidos por alguns pesquisadores sobre o uso de modelos físicos nas experimentações de concepção estrutural: primeiro, o **paradigma construtivista** do aprendizado através de tarefas do tipo “problemas-soluções” e da atividade prática, em segundo lugar, o **paradigma científico** de visualizar a performance estrutural do modelo, em que os dois servem de motivação para os estudantes (VRONTISSI, 2015).

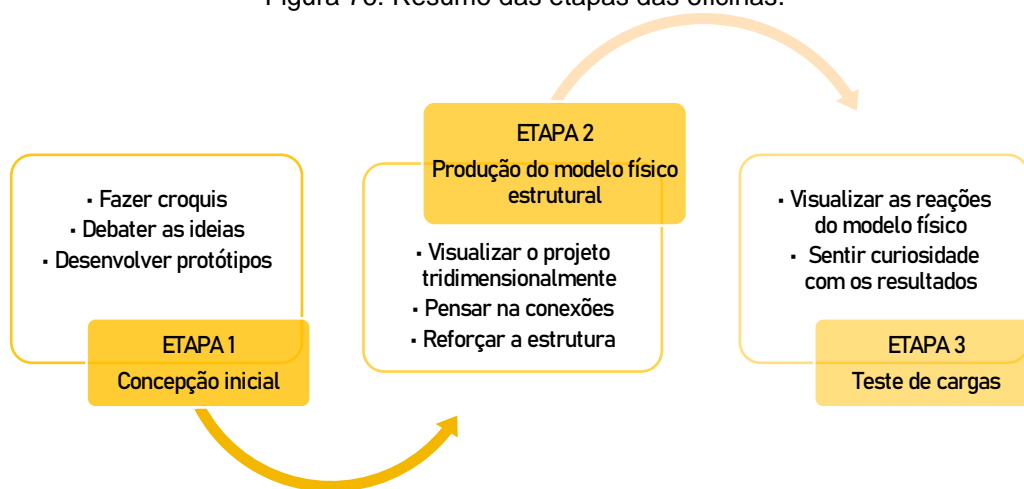
Como comentado anteriormente e visto tanto primeira Oficina na UFRN como na segunda na UNICAMP, o lado positivo da produção de modelos físicos desde o início do curso, ajuda aos estudantes a **aprender-fazendo** de forma empírica elementos da concepção estrutural que precisam ser pensados, assim começam a ponderar como melhor resolvê-los em acordo com o espaço projetado. São também exemplos de uma atividade de estímulo à criatividade dos participantes e que auxilia a incutir na sua formação como o pensamento estrutural é importante nesse processo.

Em ambas, percebemos que o teste de cargas se mostrou um incentivo para envolver os participantes na atividade, mas que na segunda foi um pouco mais difícil devido à limitação das interações com os estudantes. Contudo, todos os modelos realizados nas duas Oficinas possibilitaram a percepção da influência da estrutura na forma e no espaço do Pavilhão, bem como os testes de cargas permitiram a visualização da mudança de estabilidade deles e da brincadeira lúdica de “quebra”.

Desse modo, essa atividade de materializar uma ideia, seja com palitos de bambu ou com papel, é interessante no momento de desenvolvimento do projeto, principalmente do ponto de vista de fazer os estudantes: 1- pensarem mais tridimensionalmente; e, 2- considerarem o material construtivo que está sendo utilizado e seu sistema estrutural. Esse primeiro aspecto foi comentado por Olga Larsen (2020) e outros autores, já o segundo foi defendido amplamente por Panet e Lima (2017), especialmente, pelos **aspectos sensoriais** deste tipo de atividade.

Nos dois experimentos, foi possível perceber uma **mudança de postura**, porque inicialmente alguns participantes estavam um pouco na defensiva e apreensivos quanto a conceber uma estrutura. Porém, ao final do dia, em ambos os casos, os estudantes aparentavam satisfação com o resultado do modelo e estavam entusiasmados com o teste de cargas (ver Figura 78). O que também foi identificado por Wetzell (2012), Lonman (2006) e Whitehead (2015) em suas experiências didáticas através de modelos físicos.

Figura 76: Resumo das etapas das oficinas.



Fonte: Autoria própria.

Verificamos que os estudantes não sentiram dificuldade de conceber estruturas, porque tanto na primeira quanto na segunda observamos modelos diversificados e, em alguns casos complexos, do ponto de vista estrutural. Nosso entendimento é que o uso de modelos físicos durante a graduação em Arquitetura pode enriquecer a percepção dos estudantes quanto à materialidade da construção, e que ele pode ser utilizado em qualquer momento do curso, inclusive no âmbito dos ateliês de projeto e não apenas em disciplinas de representação. Assim, quanto mais oportunidades de conceber as estruturas, mais os estudantes se sentirão confiantes

em realizar seus projetos de modo mais consciente de uma Arquitetura como espaço construído, relacionando a **intuição estrutural** à visão tridimensional adquirida.

Por fim, é importante ressaltar as Oficinas como experimentos positivos de fabricação de modelos físicos, por ser uma atividade com facilidade de implementação, acesso e manuseio por parte dos estudantes desde seu primeiro contato com a forma e o espaço arquitetônico. Além disso, suas qualidades de atividade exploratória das possibilidades estruturais unem-se ao que se compreende como momento criativo do projeto. Enfim, elas podem ser um caminho profícuo para a formação de uma intuição estrutural mais apurada, ajudando os discentes a lidarem melhor com os aspectos relacionados a esta parte de concepção dentro do ateliê de Projeto de Arquitetura.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Sabemos que o ensino de Projeto de Arquitetura tem características peculiares que englobam, dentre outras, a complexidade de se aprender fazendo, de ser generalista e dialógico. Ao longo dos anos, vimos mudanças nos modos como esta formação é conduzida, sendo transformada a partir da alteração do paradigma da genialidade e da centralidade em uma pessoa: o arquiteto. Esses avanços seguem no sentido de uma educação com bases pedagógicas mais profundas na qual é preciso atender para o “saber ensinar”, que abrange a avaliação e crítica dos projetos desenvolvidos. Segundo Donald Schön (2000), o diálogo entre instrutor e estudante é uma experiência particular sobre o processo de *design* e tem três principais características: está inserido no contexto de uma tentativa de desenhar do estudante, usa ações e palavras e depende de uma **reflexão-na-ação recíproca**. Nesse caso, o conhecimento é transmitido através de uma série de etapas que irão exercitar a capacidade de criar um espaço que tenha múltiplas qualidades dentro de um o eixo central do curso, o qual deve ter conexão com as demais disciplinas, caracterizando uma formação generalista. Deste modo, a melhoria no meio acadêmico e do ensino de Projeto de Arquitetura, depende não só dos docentes, e dos discentes, mas de todo um conjunto de pessoas e fatores que fomentam as atividades pedagógicas.

Como visto, um dos principais problemas encontrados é a **fragmentação disciplinar**, o que leva à dificuldade de integração de conteúdos dentro do ateliê. Isso também acontece no caso dos tópicos estruturais, impedindo uma melhor instrução da concepção estrutural nesse meio, a qual por estar intrinsecamente vinculada ao Projeto Arquitetônico, também deve ser tratada com uma visão construtivista e com base em uma pedagogia mais colaborativa.

Aqui, entendemos que a concepção estrutural e arquitetônica não são duas partes distintas do processo de projeto, uma está associada à outra, ou seja, a estrutura deve ser levada em consideração ao mesmo tempo em que se imagina o espaço. Dito isto, é importante ressaltar que apesar de todas as discussões, reflexões e modificações curriculares, ainda não se vê de forma efetiva e abrangente uma maior integração da concepção estrutural e do exercício projetual nos cursos de AU no Brasil, em especial no âmbito do ateliê, o que se confirmou em grande parte nos casos

estudados, apesar de alguns avanços evidenciados. Para além da questão dos currículos, além do ensino de Estruturas ser desconexo com as demais disciplinas, prioriza uma abordagem essencialmente quantitativa, o que tem resultados negativos no eixo de Projeto. Por isso, o desafio de ensinar a concepção estrutural no curso de Arquitetura é singular. Neste caso, atenta-se para a intensidade da importância que dá a ela em cada nível da graduação, porque à medida que os estudantes aprendem os Sistemas Estruturais nas disciplinas periféricas, eles, teoricamente, estarão capacitados a produzir propostas mais detalhadas, além de se tornarem aptos a pesquisar um conjunto de referências que podem contribuir consideravelmente com este tipo de concepção.

Vimos que uma certa letargia e imparcialidade dos estudantes frente às particularidades das estruturas na concepção arquitetônica podem ser minimizadas com **atividades de aprendizado ativo** dentro do ateliê, como indicado por diversos autores (Capítulo 2 – Item 2). Essas atividades têm o poder de **mudar a sequência** tradicional de projeto, que muitas vezes começa pela planta baixa (CALLAHAN; SHADRAN; LEINNEBER, 2016). Nesse sentido, é preciso compreender que os eles precisam de **suporte no momento de síntese dos tópicos estruturais** porque muitas vezes existe o medo de enfrentar os desafios, que podem ser: da representação da estrutura, de não entenderem como funciona certo sistema estrutural, ou mesmo, do trabalho acabar sendo muito extenso e eles não conseguirem dar conta no tempo determinado.

Neste sentido, devido à característica intrínseca da materialidade da arquitetura estar vinculada à estrutura, acredita-se que não se pode determinar um momento único para uma maior consideração à concepção estrutural dentro do curso de Arquitetura, porque ela deve estar inserida em cada módulo do eixo de Projeto. Isso significa que, ao longo de sua formação, os estudantes devem se habituar a projetarem o espaço levando em conta sua estrutura, mesmo que em diferentes níveis de importância, a depender do momento em que se encontrem na graduação.

Sob outra perspectiva, compreende-se que um professor de Projeto não pode ser responsável por todo o conteúdo que deve ser integrado e inserido no ateliê (RHEINGANTZ; CUNHA; KREBS, 2016). Nesse caso, vimos que docentes com formações mais engajadas nos assuntos tecnológicos (ILKOVIČ; ILKOVIČOVÁ;

ŠPACEK, 2014), como nas **duas disciplinas estudadas**, podem ampliar e promover essa integração da Arquitetura e da Estrutura na formação de futuros arquitetos. Eles mostraram uma organização mais direcionada do processo dos estudantes e um estímulo da concepção estrutural maior durante as assessorias. Destacamos também as pesquisas sobre o Ensino de projeto de um e a vasta experiência didática da outra, o que lhes dá uma perspectiva da interdisciplinaridade necessária. Eles entendem os meios de melhor conduzir as disciplinas para garantir essa conexão com as outras matérias, além de possuírem os conhecimentos necessários do exercício de concepção de um edifício vertical e todas as suas particularidades. Porém, como observado, é um trabalho que não depende exclusivamente deles e está atrelado a alguns fatores como disponibilidade dos demais professores, organização de conteúdos, planejamento e realização das atividades.

Em vista disso, a investigação desses estudos de caso indica um certo avanço no ensino da concepção estrutural, em um caso, com a tentativa de integração e, no outro, com a participação de um professor visitante especialista no sistema estrutural utilizado, o que mostra a preocupação com o ensino mais integrado. No entanto, foi possível perceber que, para suas estratégias serem eficientes, lhes será exigido uma maior dedicação e o comprometimento de todos os docentes envolvidos, para que os estudantes permaneçam predispostos a aprenderem sobre como criar estruturas, conforme indicado por alguns autores citados no Capítulo 2. Sobre a participação de um professor visitante, acreditamos ser uma alternativa favorável à didática da concepção estrutural no ateliê, porém sendo interessante a participação de profissionais que estejam mais habituados com a tarefa de ensinar Projeto. Sendo assim, entendemos que será mais eficiente para uma futura integração dentro dos cursos, professores de Estruturas que tenham familiaridade com o ensino de Projeto e professores de Projeto que possuam afinidades com os conteúdos de Estruturas.

Frente a esses múltiplos obstáculos, a integração entre disciplinas não consegue ser uma resposta imediata para uma maior aproximação da concepção estrutural do Projeto de Arquitetura, talvez esta seja uma solução futura, pois depende não só de uma maior abertura por parte dos professores das demais áreas (como visto no caso da UFRN), como também, da disponibilidade da sua carga horária. Em um cenário ideal, haveria a atuação conjunta dos professores de Projeto e de

Estruturas, os quais se dividem em atividades atreladas à concepção arquitetônica do semestre.

Essa interdisciplinaridade desejada deve ultrapassar as barreiras do discurso e seguir na direção de uma realização efetiva. Se observarmos o Quadro Resumo da integração das disciplinas (Apêndice I), veremos que a situação em muitas Escolas de Arquitetura é Intradisciplinar, onde cada módulo trata dos assuntos de maneira individualizada. Isso também significa que os estudantes têm pouca ou nenhuma colaboração na síntese de conhecimentos, indo de encontro a aprendizagem prática tão defendida atualmente. Deste modo, **há um caminho ainda a ser percorrido** no sentido da mudança desse paradigma para uma educação mais conectada e que envolva os futuros arquitetos.

Tendo isso em mente, acreditamos que uma proposta mais próxima da realidade seja a inserção das atividades de **aprendizado ativo com modelos físicos** nos cronogramas e planejamentos das disciplinas de Projeto, de modo que os discentes possam se familiarizar com os Sistemas Estruturais e entender como empregá-los diretamente em seus trabalhos. Nesse caso, a ideia é **ampliar os momentos em que a prática projetual esteja mais bem relacionada aos aspectos estruturais nas disciplinas de Projeto de Arquitetura**, elevando a formação nesse contexto a um nível mais prático e qualitativo. Semelhante às Oficinas, é possível mudar, mesmo que momentaneamente, a postura dos estudantes quanto aos tópicos de estruturas.

Sobre esse assunto, entendemos que as oficinas realizadas diferem do ambiente do ateliê, porque são inúmeras as considerações a serem colocadas em pauta no segundo ambiente e também pelo tempo de desenvolvimento do trabalho projetual, mas também que elas podem ser inseridas em uma aula ou mais aulas como atividade complementar ao ateliê. Vê-se uma possibilidade não só de visualização tridimensional do que está sendo projetado, mas uma oportunidade de materializar a ideia arquitetônica e entender o vínculo que existe entre ela e sua estrutura. Sendo assim, a oficina de concepção estrutural poderia ser realizada após a definição do programa e do plano de massas (no caso da UFRN), ou após os primeiros seminários sobre o projeto (no caso da UNICAMP). Portanto, com base no que verificamos nesta pesquisa, é relevante pensar que modelos físicos constituem uma estratégia

adequada a ser implementada e uma das que tem resultados mais expressivos na formação de um pensamento estrutural dentro do processo de projeto arquitetônico, também conforme observado por vários autores. Trata-se mais especificamente de maquetes de concepção, porque mesmo com a preocupação do teste de cargas e o reforço dos elementos, os estudantes perceberam o espaço da maquete, conseguiram identificar o posicionamento dos suportes e como eles formaram o modelo.

Em resumo, acredita-se que as intenções dos professores podem ampliar a inserção da concepção estrutural dentro do ateliê e que a participação dos docentes de Estruturas, sejam como convidados ou de uma disciplina da integração dentro do curso, são favoráveis ao ensino da concepção estrutural nesse contexto. Da mesma forma, a implementação de atividades práticas com o auxílio de modelos físicos pode mudar a sequência do processo de projeto tradicional, alterar a visão que os estudantes têm sobre Estruturas, de modo a incentivá-los a pensar a esse respeito nos momentos de criação e, ainda, inculcar a ideia de que uma proposta arquitetônica é necessariamente tridimensional e tem uma materialidade inerente a ela. Deste modo, talvez possamos garantir uma melhor formação, mais integrada e de acordo com a realidade da profissão, conseqüentemente, diminuindo a necessidade de posteriores compatibilizações dos projetos, ou mesmo evitar “lançamentos das estruturas” tardios que, muitas vezes, não condizem com a ideia arquitetônica inicial.

Com os resultados obtidos e discussões realizadas no âmbito desta tese, foi possível atingir o objetivo geral que foi de entender e avaliar como ocorre a integração da concepção estrutural no ensino/aprendizagem do Projeto de Arquitetura nos cursos de AU em duas universidades brasileiras, assim como confirmar a hipótese de que existem estratégias que podem ser utilizadas dentro do ateliê, que ampliem e aprimorem o pensamento estrutural no processo de criação. E ainda, que conseguimos com essa discussão dar respostas, ao menos nos casos estudados e experimentos realizados, às questões da pesquisa colocadas inicialmente: 1- como está sendo ensinada a concepção estrutural nos ateliês de projeto dos cursos de Arquitetura no Brasil? E, 2- de que maneira pode ser favorecida a integração da concepção estrutural no processo de ensino e aprendizagem do Projeto de Arquitetura no âmbito do ateliê?

Deste modo, acreditamos que existe um longo caminho para se chegar a um ensino da concepção estrutural mais integrado ao projeto. Essa afirmativa parte da observação das duas realidades apresentadas com os estudos de caso (UFRN e UNICAMP), nas quais se veem antigos problemas já discutidos anteriormente, mas que de certa forma mostram que existem também novos parâmetros que podem ser seguidos para a melhoria pedagógica nessa área.

Enfim, entendemos as dificuldades de uma formação generalista, mas em se tratando de um assunto tão intrínseco à existência do espaço, **é preciso ainda fazer mais**. É urgente que exista mais diálogo entre as matérias e que sejam dados passos no caminho para a inter e a transdisciplinaridade dentro do curso em busca de uma **aprendizagem cada vez mais interativa** que possa dar suporte e despertar o interesse dos estudantes sobre fazer seus edifícios ficarem em pé. Um dos caminhos para essa meta é a implementação de atividades de aprendizado ativo e do tipo mão na massa.

O campo específico da concepção estrutural dentro do Ensino de Projeto tem um vasto leque de possibilidades de aperfeiçoamento. Primeiro, com o surgimento inúmeras experiências baseadas no **canteiro de obras experimental** de Projeto de Arquitetura, como os citados por Salama (2015), em segundo lugar, com o **uso dos modelos e maquetes** nesse meio, os quais tem se desenvolvido e apresentado características sensoriais e pertinentes à materialização do que se está projetando. Em terceiro, como comentado, a **integração curricular se apresenta** como um caminho possível e necessário para o aprimoramento da formação de futuros arquitetos. E, por último, em virtude da **computação e das novas ferramentas digitais**, que possibilitam testar e visualizar graficamente o que acontece nas estruturas. Nesse sentido, acreditamos que surgirão cada vez mais novas formas de aprender e conceber na Arquitetura nos próximos anos. Com as novas experiências de ensino interativo e integrado dentro do ateliê e as transformações cada vez mais rápidas na Era Digital, podemos afirmar que existe um amplo panorama para **pesquisas futuras** sobre o assunto, levando em conta o aparecimento de novos materiais e novas formas de construir que colocam em evidência a importância da concepção estrutural dentro do processo de projeto, e conseqüentemente, da sua didática.

## REFERÊNCIAS

---

ADDIS, B. **Creativity and Innovation: The structural engineer's contribution to design**. Oxford: Architectural Press /Elsevier, 2001.

ALBRIGHT, D. **Teaching structures online: finding opportunities for tangible engagement**. *In: BUILDING TECHNOLOGY EDUCATOR'S SYMPOSIUM, 7. Proceedings[...]*. Amherst: University of Massachusetts Amherst, 2019. p. [1-12]. DOI: <https://doi.org/10.7275/xf12-z345>.

AMORIM, A. M. M. C. Diálogos entre forma arquitetônica e sua concepção estrutural. *In: Fundamentos de Projeto: Arquitetura e Urbanismo*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2014. p. 138–145.

ANDRADE, M. L. V. X. DE; RUSCHEL, R. C. Building Information Modeling (BIM). *In: O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 421–442.

ANDRADE, M. L. V. X. DE; RUSCHEL, R. C.; MOREIRA, D. DE C. O processo e os métodos. *In: O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 80–100.

ARCIPRESTE, C. M. **Entre o discurso e o fazer arquitetônico: reflexões sobre o ensino de arquitetura e urbanismo e seus referenciais a partir do trabalho final de graduação**. 2012. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

AZIZ, A.; BANE, L.; FAHMI, M. Integration of Structural Knowledge in Design Studio Project: Assessment Study of Curriculum in Architecture Course in University of Malaya. **Journal of Design and Built Environment**, v. 7, n. 1, p. 1–11, 2007.

BALBI, R. S. **A Poética do Projeto: a expressão tectônica de projetos arquitetônicos desenvolvidos em Trabalhos Finais de Graduação em Escolas Brasileiras de Arquitetura e Urbanismo**. 2018. Tese (Doutorado) – Programa de

Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

BALLAROTTI, C. **Ensino e aprendizagem fenomenográfica: a apreensão de conceitos básicos de sistemas estruturais no curso de arquitetura e urbanismo da Universidade Estadual de Londrina**. 2015. Tese (Doutorado) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

BALLAROTTI, C. *et al.* **Aprendizado dos conceitos básicos de sistemas estruturais em cursos de Arquitetura e Engenharia numa perspectiva fenomenográfica**. *In: ENCONTRO TECNOLÓGICO DA ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA*, 6. **Anais[...]**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2007.

BECKER, H. **The Structures - Design Studio Link**. ASEE ANNUAL CONFERENCE AND EXPOSITION, 120. **Proceedings[...]**. Atlanta: ASEE, 2013. p. 23.1235.1 - 23.1235.11.

BEHNEJAD, S. A. A.; PARKE, G. A. R. R.; NOOSHIN, H. **Teaching Spatial Structures: Who to teach, What to teach and How to teach**. *In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR SHELL AND SPATIAL STRUCTURES*. **Proceedings[...]**. Amsterdam: 2015. p. [1-11]. DOI: 10.13140/RG.2.1.1291.1841.

BERTHO, B. C. *et al.* A prototipagem rápida: do processo de projeto ao canteiro de obras. *In: O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 443–454.

BLENKUŠ, M.; KRUŠEC, T. Aspects of the integral teaching of structures and architectural design. *In: Structures and Architecture: bridging the gap and crossing borders*. Londres: Taylor & Francis, 2019. p. 577–584.

BLOCK, P.; VAN MELE, T.; RIPPMANN, M. Geometry of forces: Exploring the solutions space of structural design. **GAM: Architecture Magazine**, v. 12, p. 48–69, 2016.

BOAKE, T. M. **Abstract Calculations vs. Contextual Study: The Need for New Approaches in the Teaching of (Complex) Structures.** *In: BUILDING TECHNOLOGY EDUCATOR'S SYMPOSIUM - TECTONICS OF TEACHING, 4. Proceedings [...].* Bristol: Roger Williams University, 2013.

BOGÉA, M.; LOPES, J. M. DE A.; REBELLO, Y. **Arquiteturas da engenharia ou engenharias da arquitetura.** São Paulo: Mandarim, 2006.

BOUDON, P. *et al.* **Enseigner la conception architecturale.** Paris: Édition de la Villete, 2000.

BRITO, E.; PÓVOAS, R. F. Exploring experimental methods on teaching structures for architects: first results of a new course at FAUP. *In: Structures and Architecture: bridging the gap and crossing borders.* Lisboa: Taylor & Francis, 2019b. p. 601–608.

BRITO, E.; PÓVOAS, R. F. **Teaching structures for architects: from conceptual design construction, an experimental approach.** *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CONCEPTUAL DESIGN OF STRUCTURES, 1. Proceedings[...].* Madrid: [s.n.], 2019a.

CALLAHAN, M. *et al.* **A student-centered active learning approach to teaching structures in a bachelor of Architecture Program.** *In: BUILDING TECHNOLOGY EDUCATOR'S SYMPOSIUM, 7. Proceedings[...].* Amherst: University of Massachusetts Amherst, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7275/na8x-dv75>. Disponível em: <https://scholarworks.umass.edu/btes/vol2019/iss1/20/> Acesso em: 03 jan. 2020.

CALLAHAN, M.; SHADRAVAN, S.; LEINNEWBER, C. Blending structural application into architectural design studio. *In: Structures and Architecture: bridging the gap and crossing borders.* Londres: Taylor & Francis, 2016. p. 814–821.

CALLAHAN, M.; SHADRAVAN, S.; OBASADE, Y. Research initiatives: structural application into design process. *In: Structures and Architecture: beyond their limits.* Londres: Taylor & Francis, 2019. p. 571–576.

CARSALADE, F. Referências metodológicas para um processo de ensino de projeto. *In: **Projetar: desafios e conquistas da pesquisa e do ensino de projeto***. Rio de Janeiro: Editorial Virtual Científica, 2003. p. 145–158.

CAVALCANTE, E. **Repercussão da integração de conteúdos das disciplinas nos trabalhos finais de graduação do CAU-UFRN (2003 a 2010)**. 2014. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

CHARLESON, A. A. W. **Structures as Architecture: A source book for Architects and Engineers**. Oxford: Elsevier, 2005.

CHIUINI, M. **Less Is More: A Design-oriented Approach to Teaching Structures in Architecture**. *In: BUILDING TECHNOLOGY EDUCATOR'S SYMPOSIUM, 1. Proceedings[...]*. Baltimore: University of Maryland, 2006.

CHUPIN, J. P. As três Lógicas Analógicas do Projeto em Arquitetura: do impulso monumental à necessidade de pesquisa passando pela inevitável questão da “ensinabilidade” da arquitetura. *In: **Projetar: desafios e conquistas da pesquisa e do ensino de projeto***. Rio de Janeiro: Editorial Virtual Científica, 2003. p. 11–31.

CORDEIRO, A. L. DE M.; ROCHA, G. C. **A modelagem tridimensional digital de sistemas estruturais como suporte à concepção arquitetônica**. *In: SEMINÁRIO PROJETAR, 7. Anais[...]*. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2015.

CORDEIRO, A. L. DE M.; ROCHA, G. C. Conceber a arquitetura com modelos virtuais: a relevância dos sistemas estruturais. *In: **Modelos em Arquitetura: concepção e documentação***. João Pessoa: Editora da UFPB, 2017. p. 19–38.

COSTA LIMA, HÉLIO; ROCHA, G. **Por uma abordagem tectônica**. SEMINÁRIO PROJETAR, 2. *Anais[...]*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

COWAN, J. Evaluation and feedback in architectural education. *In: Changing Architecture Education*. Spon Press ed. Londres: Taylor & Francis, 2000. p. 236–244.

CUNHA, E. G. A abordagem estética no projeto de estruturas de edificações: do ensino à concepção de sistemas estruturais. *Arquitextos*, São Paulo, ano 11, n. 132, **Vitruvius**, 2011. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.132/3870>. Acesso em: 5 nov. 2019.

DARQ-UFRN. **Certificação do Curso de Arquitetura e Urbanismo**. Disponível em: <http://darq.ufrn.br/certificado-cau-ufrn/>. Acesso em: 11 dez. 2018.

DAU-UFPB. **Curso de Arquitetura e Urbanismo**. Disponível em: <http://www.ct.ufpb.br/ctarq>. Acesso em: 11 dez. 2018.

DELATORRE, V.; TORRESCASANA, C. E. N. **Integração entre arquitetura e estrutura: um estudo para as disciplinas de projeto arquitetônico**. *In: SEMINÁRIO INTEGRADO: ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO*, 3. **Anais[...]**. Chapecó: [s.n.], 2009. p. [1-15].

DEMIRBAŞ, O. O.; DEMIRKAN, H. Focus on architectural design process through learning styles. **Design Studies**, v. 24, n. 5, p. 437–456, 2003.

DERMODY, R. **A different kind of structures problem**. *In: BUILDING TECHNOLOGY EDUCATOR'S SYMPOSIUM*, 1. **Proceedings [...]**. Baltimore: University of Maryland, 2006.

DERMODY, R. **Open pedagogy for teaching Structures**. *In: BUILDING TECHNOLOGY EDUCATOR'S SYMPOSIUM*, 7. **Proceedings [...]**. Amherst: University of Massachusetts Amherst, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7275/s9xd-h436>. Disponível em: <https://scholarworks.umass.edu/btes/vol2019/iss1/3/>. Acesso em: 20 jan. 2020.

DIAS, L. S.; FRANÇA, A. **Articulação entre ensino de arquitetura e em estruturas na disciplina de Projeto II: experimentação por meio de protótipos**. *In:*

ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE ESTRUTURAS EM ESCOLAS DE ARQUITETURA, 3. **Anais** [...]. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2017. p. 506-523.

DIAS, R. H. **Desempenho estrutural experimentado em modelos computacionais: um meio de concepção na Arquitetura**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE ESTRUTURAS EM ESCOLAS DE ARQUITETURA, 3. **Anais**[...]. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2017. p. 933-950.

DONG, K.; LESLIE, T. **Breaking stuff: a no-frills approach to haptic learning in structures classes**. In: BUILDING TECHNOLOGY EDUCATOR'S SYMPOSIUM, 2. **Proceedings** [...]. Albuquerque: University of New Mexico, 2009. p. 233-240.

EMAMI, N.; BUELOW, P. VON. **Teaching structures to architecture students through hands-on activities**. In: CANADIAN INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN EDUCATION, TEACHING, AND TECHNOLOGY, 1. **Proceedings** [...]. Toronto: [s.n.], 2016. p. [1-7].

ENGEL, H. **Sistemas estruturais**. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

ESTES, A. C.; BALTIMORE, C. **Using K' nex to Teach Large Scale Structures to Architects and Construction Students**. In: ASEE Annual Conference & Exposition. **Proceedings** [...]. Indianapolis: [s.n.], 2014. p. [1-12].

FAU-UFRJ. **Faculdade de Arquitetura e Urbanismo**. Disponível em: <<http://www.fau.ufrj.br/home/>>. Acesso em: 11 dez. 2018.

FAU-USP. **Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Graduação**. Disponível em: <<https://www.fau.usp.br/graduacao/>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

FEC-UNICAMP. **Ensino - Faculdade de Engenharia Civil - Arquitetura e Urbanismo**. Disponível em: <<https://www.fec.unicamp.br/graduacao/au/ensino/>>. Acesso em: 11 dez. 2018.

FOWLER, T.; RIHAL, S. Advanced structural integration collaboratory model for architecture students. *In: Structures and Architecture: bridging the gap and crossing borders*. Londres: Taylor & Francis, 2019. p. 585–592.

FOX, D. M. **Structural support at a distance: studio consultation and hybrid education**. *In: BUILDING AND TECHNOLOGY EDUCATOR'S SYMPOSIUM, 4. Proceedings [...]*. Bristol: Roger Williams University, 2013. p. 187-197.

GALLEGOS, P. **Structural education in design studios: questions of practicality in student design build projects**. *In: BUILDING TECHNOLOGY EDUCATOR'S SYMPOSIUM, 1. Proceedings [...]*. Baltimore: University of Maryland, 2006. p. 219-224.

GARAVAGLIA, E.; BASSO, N.; SGAMBI, L. The role of structures in architecture: the multidisciplinary experience of active learning in a master of science. **International Journal of Architectural Research**, v. 14, n. 3, p. 469–488, 2020.

GODOY, A. S. Refletindo sobre critérios de qualidade da pesquisa qualitativa. **Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, v. 3, n. 2, p. 85–94, 2005.

GRAEFF, E. **Arte e Técnica na formação do Arquiteto**. São Paulo: Nobel; Fundação Vilanova Artigas, 1995.

GRANATA, R. **Práticas laboratoriais no ensino dos sistemas estruturais no curso de Arquitetura e Urbanismo**. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE ESTRUTURAS EM ESCOLAS DE ARQUITETURA, 3. Anais [...]*. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2017. p. 1127-1142.

GULLING, D. K. **Architect as a form-maker: a fundamental approach to architectural structures**. *In: BUILDING TECHNOLOGY EDUCATOR'S SYMPOSIUM, 1. Proceedings [...]* Baltimore: University of Maryland, 2006.

HARFMAN, A. C. It's all structural: teaching construction logic with parametric modeling. *In: Structures and Architecture: bridging the gap and crossing borders*. Londres: Taylor & Francis, 2019. p. 441–450.

HEDGES, K. E. **Introduction to architectural structures: lessons learned from parti pris pedagogy**. *In: ASEE ANNUAL CONFERENCE AND EXPOSITION. Proceedings [...]*. Indianapolis: [s.n.], 2014. p. [1-14].

HERR, C. M. *et al.* Form and formalism: on the future role of structural design in architectural education in China. **Advanced Materials Research**, v. 450–451, n. January, p. 257–262, 2012.

HERR, C. M. Qualitative structural design education in large cohorts of undergraduate architecture students. **Global Journal of Engineering Education**, v. 15, n. 2, p. 96–102, 2013.

HOMER, J. M. **Integrating architecture and structural design in the comprehensive design studio**. *In: ARCHITECTURAL ENGINEERING CONFERENCE, 1. Proceedings [...]*. Omaha: American Society of Civil Engineers, 2006.

IAU-USP. **Graduação - Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos**. Disponível em: <[https://www.iau.usp.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2&Itemid=134](https://www.iau.usp.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2&Itemid=134)>. Acesso em: 11 dez. 2018.

ILKOVIČ, J.; ILKOVIČOVÁ, L.; ŠPACEK, R. To think in architecture, to feel in structure: Teaching Structural Design in the Faculty of Architecture. **Global Journal of Engineering Education**, v. 16, n. 2, p. 59–65, 2014.

ILKOVIČOVÁ, L.; ILKOVIČ, J. Basics of building structure in architectonic education. **Global Journal of Engineering Education**, v. 21, n. 2, 2019.

KHODADADI, A. **Active learning approach in teaching structural concepts to architecture students**. *In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR SHELL AND*

SPATIAL STRUCTURES SYMPOSIUM, 27. **Proceedings** [...]. Amsterdam: IASS, 2015.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. *et al.* **Apoiando o Projeto Vertical: Premissas Básicas**. *In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Anais* [...]. Brasília: Universidade de Brasília, 2013.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; BIANCHI, G.; PETRECHE, J. R. D. A criatividade no processo de projeto. *In: O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 26–56.

LABIB, W. An Implementation of Multi-Media Applications in Teaching Structural Design Students. **International Journal of Educational and Pedagogical Sciences**, v. 10, n. 1, p. 112–116, 2016.

LARA, F. (In)disciplina: considerações sobre a autoromia do ensino de projeto. *In: Projetar: desafios e conquistas da pesquisa e do ensino de projeto*. Rio de Janeiro: Editorial Virtual Científica, 2003. p. 56–63.

LARSEN, O. P. **Conceptual Structural Design: bridging the gap between architects and engineers**. 2. ed. Londres: ICE Publishing, 2003.

LARSEN, O. P. Models in 1:1 – A powerful education and research tool for bridging the gap between architects and engineers. *In: Structures and Architecture: concepts, applications and challenges*. Londres: Taylor & Francis, 2016. p. 393-398.

LARSEN, O. P. **Physical modelling for architecture and building design**. Londres: ICE Publishing, 2020.

LAWSON, B. **Como arquitetos e designers pensam**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LEBAHAR, J. C. **Approche didactive de l'enseignement du projet en architecture: analyse cognitive de la conception et de sa pédagogie**. Marseille: Ecole d'architecture de Marseille Luminy, 1999.

LEITE, M. A. D. F. D. **A Aprendizagem Tecnológica do Arquiteto**. 2005. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

LEITE, M. A. D. F. D.; REBELLO, Y. C. P. **Experimentando como aprender - modelos e protótipos como recursos didáticos no ensino de estruturas**. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE ESTRUTURAS EM ESCOLAS DE ARQUITETURA*, 3. **Anais[...]**. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2017. p. 1031-1048.

LEUPEN, B. *et al.* **Design and Analysis**. Nova Iorque: 010 Publishers, 1995.

LI, Q.; HU, Y. **Study on an Architect-Oriented approach of Structural Performance-based Design**. *In: CONGRESSO DE LA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL*, 18. **Actas[...]**. São Paulo: Blucher Designs Proceedings, 2014. p. 111-114.

LIMA, H. C. A Estrutura Arquitetônica como “entrada” do aprendizado de projeto. *In: Projetar: desafios e conquistas da pesquisa e do ensino de projeto*. Rio de Janeiro: Editorial Virtual Científica, 2003. p. 85–93.

LIMA, M. M. F. **Dobra e redobra: um estudo exploratório da dobradura de papel no auxílio à visualização e à concepção da forma arquitetônica**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

LOBOSCO, T.; CÂMARA, D. C. Desenvolvimento de modelos qualitativos para o ensino de estruturas. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 9, n. 3, p. 203–214, 2018.

LONNMAN, B. **Case studies in studio-based learning**. *In: BUILDING AND TECHNOLOGY EDUCATOR'S SYMPOSIUM, 1. Proceedings* [...]. Baltimore: University of Maryland 2006. p. 251-261.

MACIEL, M. Á.; SOUZA, K. L.; MODLER, N. L. **Práticas didático-pedagógicas para o ensino de sistemas estruturais integrados ao projeto arquitetônico**. *In: SEMINÁRIO PROJETAR, 7. Anais* [...]. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2015. p. [1-14].

MACKINTOSH, L. Just doing it: the role of experiential learning and integrated curricula in architectural education. **The International Journal of Pedagogy and Curriculum**, v. 20, n. 3, p. 67–78, 2014.

MACNAMARA, S. **Bringing Engineering into the Studio: Design Assignments for Teaching Structures to Architects**. *In: ASEE ANNUAL CONFERENCE AND EXPOSITION EXPOSITION. Anais* [...]. San Antonio: [s.n.], 2012. p. [1-11].

MALARD, M. L. **A avaliação no ensino de projeto de arquitetura e urbanismo: problemas e dificuldades**. *In: SEMINÁRIO PROJETAR, 2. Anais* [...]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005. p. 384-391.

MARKOV, I. **Structural Harmony and Model Discourse**. *In: BUILDING AND TECHNOLOGY EDUCATOR'S SYMPOSIUM, 1. Proceedings* [...]. Baltimore: University of Maryland, 2006. p. 271-278.

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

MASRI, S. S. Improving architectural pedagogy toward better architectural design values. **Athens Journal of Architecture**, v. 3, n. 2, p. 117–135, 2017.

MCDONNELL, J. Scaffolding practices: A study of design practitioner engagement in design education. **Design Studies**, v. 45, p. [1-21] . 2016. DOI: 10.1016/j.destud.2015.12.006.

MEDEIROS, R. DE. **O ensino, a concepção do projeto de arquitetura e a aplicação dos conteúdos tecnológicos.** Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

MEISTER, U.; RIST-STALDEMANN, C. Material, structure, tectonics: the power of full scale in the education of architects. *In: Structures and Architecture: bridging the gap and crossing borders.* Londres: Taylor & Francis, 2016. p. 429–434.

MENEZES, A. M. DE *et al.* **O ensino integrado e simultâneo de projetos de arquitetura e estrutura.** *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE ESTRUTURAS EM ESCOLAS DE ARQUITETURA, 3. Anais[...].* Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2017. p. 441-456.

MODLER, N. L.; MACIEL, M. Á.; LAURETT, C. C. R. **Práticas de ensino-aprendizagem de sistemas estruturais no ateliê de projeto integrado.** *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE ESTRUTURAS EM ESCOLAS DE ARQUITETURA, 3. Anais[...].* Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2017. p. 691-702.

MOSSERI, A. **Freehand sketching for the integration of Architecture and Structures in the design process.** *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CONCEPTUAL DESIGN OF STRUCTURES. Anais[...].* Madrid: Fédération Internationale du Béton, 2019. p. 469-476.

NARUTO, M. **Repensar a formação do arquiteto.** Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

NEJATI, F.; HABIB, F.; SHAHCHERAGHI, A. The Role of Structure in the Aesthetic Creation of Architectural Space. **International Journal of Architecture and Urban Development**, v. 8, n. 2, p. 5–14, 2018.

NICHOLS, A.; HOLIDAY, S. **From foundations to integration in structures: a response curriculum consolidation.** *In: BUILDING TECHNOLOGY EDUCATOR'S SYMPOSIUM, 3. Anais [...].* Toronto: Ryerson University, 2011.

NÓBREGA, P. G. B.; COSTA, F. J. DE M. **Avaliação crítica do ensino de estruturas: enigma da esfinge?** *In:* ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE ESTRUTURAS EM ESCOLAS DE ARQUITETURA, 3. **Anais[...]**. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2017. p. 126-140.

NUNES, E. F.; MORAES, C. A. **Modelos físicos qualitativos como processo de ensino de estruturas nos cursos de Arquitetura.** *In:* ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE ESTRUTURAS EM ESCOLAS DE ARQUITETURA, 3. **Anais[...]**. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2017. p. 776-795.

OAKLEY, D. Draw first, ask questions later: The value of manual sketching in elementary architectural structures education. *In:* **Structures and Architecture: bridging the gap and crossing borders.** Londres: Taylor & Francis, 2019. p. 451-458.

OAKLEY, D. **Haptic structures: the roll of kinesthetic experience in Structures Education.** *In:* BUILDING TECHNOLOGY EDUCATOR'S SYMPOSIUM, 1. **Proceedings[...]**. Baltimore: University of Maryland, 2006. p. 289-302.

OLIVEIRA, M. R.; FABRICIO, M. M. Projeto paramétrico e prototipagem rápida: casos em instituições internacionais. *In:* **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 455–469.

OLIVEIRA, M. S. DE. **Modelo Estrutural Qualitativo Para Pré- Avaliação Do Comportamento De Estruturas Metálicas.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

OLIVEIRA, M. S. DE; SARMANHO, A. **Desenvolvimento e validação de um modelo estrutural qualitativo para o ensino de estruturas.** *In:* ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE ESTRUTURAS EM ESCOLAS DE ARQUITETURA, 3. **Anais[...]**. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2017. p. 761-775.

OXMAN, R. Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium. **Design Studies**, v. 29, n. 2, p. 99–120, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.destud.2007.12.003>.

OXMAN, R.; OXMAN, R. The new structuralism design, engineering and architectural technologies. **Architectural Design**, v. 80, n. 4, p. 14–23, 8 jul. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1002/ad.1101>.

PANET, A. A que será que se destina: o ensino de projeto de arquitetura no Brasil. *In*: **QUID NOVI? Dilemas do ensino de arquitetura no século 21**. Austin: NH Americapress, 2015. p. 186–193.

PANET, A.; LIMA, A. M. F. DE. Aprendendo com as mãos: a modelagem física na formação do arquiteto. *In*: **Modelos em Arquitetura: concepção e documentação**. João Pessoa: Editora da Universidade Federal da Paraíba, 2017. p. 39–69.

PERRONE, R. A. C. **Os croquis e os processos de projeto de arquitetura**. São Paulo: Altamira Editorial, 2018.

PERRONE, R. A. C.; VARGAS, H. C. Exercício B - Aproximação ao objeto da arquitetura e sua operação: percepção, concepção e construção. *In*: **Fundamentos de Projeto: Arquitetura e Urbanismo**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2016. p. 29–35.

PICON, A. A arquitetura e o virtual: rumo a uma nova materialidade. *In*: **O campo ampliado da Arquitetura: Antologia Teórica 1993-2009**. São Paulo: Cosac Naify, 2013. p. 205–220.

PINA, S. A. M. G.; BORGES, F.; MARANGONI, R. F. Maquetes e modelos como estímulo à criatividade no projeto arquitetônico. *In*: **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 109–123.

PIÑÓN, H. **Curso Básico de Proyectos**. Barcelona: UPC, 1998.

PIÑÓN, H. Projetar é construir. *In: Arquitetura e Técnica*. Porto Alegre: Nobuko S.A., 2012. p. 35–47.

PIÑÓN, H. Reflexão sobre o ensino de arquitetura. *Vitruvius*, v. 8, n. 89, 2007. Disponível em: [https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.089/195/pt\\_BR](https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.089/195/pt_BR). Acesso em: 5 abr. 2019.

PINTO, J. C. **Processos e Metodologias de Projeto**. Lisboa: Coleção Didática, 2007.

POPIŠIL, M. *et al.* New ways of teaching statics and applied structural mechanics to architects. *Applied Mechanics and Materials*, v. 732, p. 417–420, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.732.417>.

PPP-IAUUSP. **Projeto Político Pedagógico do Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos**, 1996.

PPP-UFPB. **Projeto Pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba**, 2012.

PPP-UFRJ. **Projeto Pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo**, 2006.

PPP-UFRN. **Projeto Político Pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo - Currículo A5**, 2006.

PPP-UNICAMP. **Projeto Pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo**, 2006.

PPP-USP. **Projeto Político Pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo 2014-2018**, 2013.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. DE. **Metodologia do trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. Nova Hamburgo: Editora Feevale, 2013.

PUPO, R.; CELANI, M. G. C. Prototipagem rápida e fabricação digital na Arquitetura: fundamentação e formação. *In: O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 471–485.

REBELLO, Y. C. P. **A concepção estrutural e a arquitetura**. São Paulo: Ziguarte Editora, 2000.

REBELLO, Y. C. P. Algumas questões sobre o processo de concepção da arquitetura e estrutura. **Revista Integração**, v. XII, n. 47, p. 315–321, 2006.

REBELLO, Y. C. P.; LEITE, M. A. D. F. D. Considerações sobre o ensino e aprendizagem de estrutura nas escolas de Arquitetura. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, n. 15, p. 1–14, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n15.2015.01>.

RESNICK, M. **Lifelong Kindergarten**. 1. ed. Cambridge: MIT Press, 2017.

RHEINGANTZ, P. A. Arquitetura da autonomia: bases pedagógicas para a renovação do ateliê de projeto de arquitetura. *In: Projetar: desafios e conquistas da pesquisa e do ensino de projeto*. Rio de Janeiro: Editorial Virtual Científica, 2003. p. 108–129.

RHEINGANTZ, P. A. Projeto De Arquitetura: Processo Analógico Ou Digital? **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 11, n. 1, p. 95, 2016.

RHEINGANTZ, P. A.; CUNHA, E. G. DA; KREBS, C. L. M. Ensino de Projeto de Arquitetura no limiar do séc. XXI: desafios frente à dimensão ambiental e tecnológica. **Revista Projetar: Projeto e Percepção do Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 12–25, 2016. DOI: <https://doi.org/10.21680/2448-296X.2016v1n1ID18367>.

RODRIGUES, P. F. N. *et al.* **O ensino de estruturas na FAU/UFRJ: experiências recentes e proposições para o futuro**. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE ESTRUTURAS EM ESCOLAS DE ARQUITETURA*, 3. **Anais[...]**. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2017. p. 60-78.

ROMCY, N. M. E S. **Abordagem paramétrica e ensino de projeto: Proposição de diretrizes metodológicas, considerando estratégias curriculares e o atelier de projeto.** Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

RUIZ-JARAMILLO, J.; VARGAS-YÁÑEZ, A. Teaching structures on Architecture degrees. ICT-based methodology and teaching innovation. **Revista Espanola de Pedagogia**, v. 76, n. 270, p. 353–372, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22550/REP76-2-2018-08>.

SAIZ, M. DEL C. F. **La dimensión técnica de la arquitectura: experiencias 1 en 1.** *In: SEMINÁRIOS PROJETAR*, 8. **Actas[...]**. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 2017.

SALAMA, A. M. **Spatial design education: New directions for pedagogy in architecture and beyond.** Nova Iorque: Routledge, 2015.

SALVADORI, M. **Porque os edifícios ficam em pé.** 2. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes Ltda., 1980.

SALVATORI, E. O ensino de projeto, digo, de arquitetura. *In: QUID NOVI? Dilemas do ensino de arquitetura no século 21.* Austin: NH Americapress, 2015. p. 112–120.

SANDAKER, B. N. **On span and space: exploring structures in architecture.** Nova Iorque: Routledge, 2008.

SARAMAGO, R. DE C. P. **Ensino de estruturas nas escolas de arquitetura do Brasil.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

SCHÄFFNER, W. New structuralism: a field of human and materials science. **GAM: Architecture Magazine**, v. 12, p. 12–31, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1515/9783035609844-002>.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SERRA, G. G. **Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo: guia prático para o trabalho de pesquisadores de pós-graduação**. São Paulo: Edusp e Mandarin, 2006.

SGAMBI, L. *et al.* Active learning for the promotion of students' creativity and critical thinking: An experience in structural courses for architecture. **International Journal of Architectural Research**, v. 13, n. 2, p. 386–407, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/ARCH-11-2018-0018>.

SGAMBI, L.; BASSO, N.; CODAZZI, M. E. Conceptual structural design: An important topic in architectural education. *In: Structures and Architecture: Concepts, Applications and Challenges*. Londres: Taylor & Francis, 2013. p. 1271–1278.

SILVA, A. I. S. M. DA; TELES, C. C. **Despertando o interesse e dissipando a letargia: experiência didática no ensino da disciplina de Sistemas Estruturais**. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE ESTRUTURAS EM ESCOLAS DE ARQUITETURA*, 3. **Anais[...]**. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2017. p. 202- 212.

SIMONEN, K. Iterating structures: Teaching engineering as design. **Journal of Architectural Engineering**, v. 20, n. 3, p. 1–10, 2014. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000152](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000152).

SOUSA, P. **O uso de modelos reduzidos no ensino de estruturas: um relato de experiência didática**. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE ESTRUTURAS EM ESCOLAS DE ARQUITETURA*, 3. **Anais[...]**. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2017. p. 1115-1126.

STORONOV, T. **The Design Build Studio: craft meaningful work architecture education**. Nova Iorque: Routledge, 2018.

SWARTZ, A. **Designing structures: four exercises integrating fundamental structural issues into student's design processes.** *In: BUILDING TECHNOLOGY EDUCATOR'S SYMPOSIUM, 1. Proceedings[...]*. Baltimore: University of Maryland, 2006. p. 355-364.

TEDESCHI, A. **AAD\_Algorithms-Aided Design: parametric strategies using Grasshopper.** Brienza: Le Penseur, 2014.

TEIXEIRA, K. A. **Ensino de projeto: Integração de conteúdos.** Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

TORROJA, E. **Razón y Ser de los Tipos Estructurales.** Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1957.

UIHLEIN, M.; MURRAY, S. **Structures and studio: natural allies in linked classes.** *In: BUILDING AND TECHNOLOGY EDUCATOR'S SYMPOSIUM, 5. Proceedings [...]*. Salt Lake City: University of Utah & Mississippi State University, 2015. páginas

ÜNAY, A. I.; ÖZMEN, C. Building structure design as an integral part of architecture: A teaching model for students of architecture. **International Journal of Technology and Design Education**, v. 16, n. 3, p. 253–271, 2006.

VASSIGN, S.; MIRSHAHIDI, S. **Collaborative learning: an alternative pedagogy for teaching structures.** *In: BUILDING AND TECHNOLOGY EDUCATOR'S SYMPOSIUM, 5. Proceedings [...]*. Salt Lake City: University of Utah & Mississippi State University, 2015. p. 241-246.

VELOSO, M.; ELALI, G. A pós-graduação e a formação do (novo) professor de projeto de arquitetura. *In: **Projetar: desafios e conquistas da pesquisa e do ensino de projeto.*** Rio de Janeiro: Editorial Virtual Científica, 2003. p. 94–107.

VILQUIN, T. Found in translation: physical models as a structural design tool for architects. *In: **Structures and Architecture: New concepts, applications and challenges.*** Londres: Taylor & Francis, 2013.

VRONTISSI, M. *et al.* **“Constructing Equilibrium”**: A methodological approach to teach structural design in architecture. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON STRUCTURAL ENGINEERING EDUCATION WITHOUT BORDERS. **Anais** [...]. Madrid: ACHE, 2018. p. [1-10].

VRONTISSI, M. **The physical model in structural studies within architecture education: paradigms of an analytic rationale?** *In*: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR SHELL AND SPATIAL STRUCTURES. **Proceedings**[...]. Amsterdam: [s.n.], 2015. p. [1-11].

VYZOVITI, S. **Folding Architecture: Spatial, Structural and Organizational Diagrams**. Amsterdam: BisPublishers, 2003.

WETZEL, C. Integrating structures and Design in the first-year studio. **Journal of Architectural Education**, v. 66, n. 1, p. 107–114, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/10464883.2012.715980>.

WHITE, R. The student-led ‘crit’ as a learning device: towards a new professionalism. *In*: **Changing Architecture Education**. Spon Press ed. Londres: Taylor & Francis, 2000. p. 181–188.

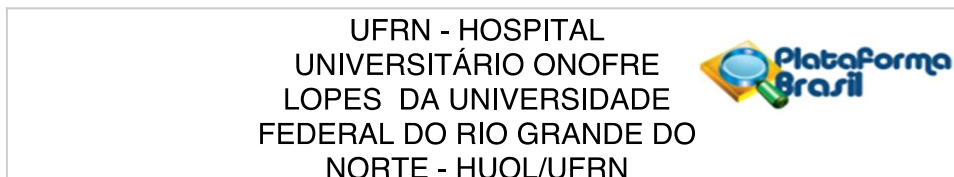
WHITEHEAD, R. **Comprehensive and Creative Conclusions: Enhancing Structural Design Educational Opportunities in Labs for Architecture Students**. *In*: CONFERENCE OF THE ARCHITECTURAL ENGINEERING INSTITUTE. **Anais** [...]. Milwaukee: [s.n.], 2015. p. [1-14].

WHITEHEAD, R. **Structures by design**. Nova Iorque: Routledge, 2020.

WHITEHEAD, R. **Supporting Students Structurally: Engaging Architectural Students in Structurally Oriented Haptic Learning Exercises**. *In*: ARCHITECTURE CONFERENCE PROCEEDINGS AND PRESENTATIONS. **Anais** [...]. Ame: [s.n.], 2013. p. [1-11].

# ANEXOS

## Anexo I – Parecer Consubstanciado do CEP/UFRN



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DA EMENDA

**Título da Pesquisa:** A INTEGRAÇÃO DA CONCEPÇÃO ESTRUTURAL NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DO PROJETO DE ARQUITETURA.

**Pesquisador:** CAMILA CAVALCANTI RESENDE

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 00360818.3.0000.5292

**Instituição Proponente:** Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 4.391.603

#### Apresentação do Projeto:

O trabalho terá uma abordagem essencialmente qualitativa e pretende inicialmente analisar disciplinas de Projeto do curso de Arquitetura e Urbanismo com o intuito de identificar métodos que auxiliem no ensino/aprendizagem da concepção estrutural. Pretende também, testar estes métodos em Oficinas de Concepção Estrutural, auxiliadas por modelos físicos, com os alunos da graduação

#### Objetivo da Pesquisa:

Analisar o curso de graduação de urbanismo da Universidade.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Descrito sendo os riscos menores que os benefícios.

#### Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de uma pesquisa qualitativa no campo educacional em universidades brasileiras do curso de Urbanismo e arquitetura.

#### Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos presentes.

<b>Endereço:</b> Avenida Nilo Peçanha, 620 - Prédio Administrativo - 1º Andar - Espaço João Machado
<b>Bairro:</b> Petrópolis <b>CEP:</b> 59.012-300
<b>UF:</b> RN <b>Município:</b> NATAL
<b>Telefone:</b> (84)3342-5003 <b>Fax:</b> (84)3202-3941 <b>E-mail:</b> cep_huol@yahoo.com.br

UFRN - HOSPITAL  
UNIVERSITÁRIO ONOFRE  
LOPES DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO GRANDE DO  
NORTE - HUOL/UFRN



Continuação do Parecer: 4.391.603

**Recomendações:**

- O CEP HUOL/UFRN ALERTA que, mesmo o projeto não apresentando óbices éticos e estando, dessa forma, aprovado, o desenvolvimento de etapas com participantes deverá ocorrer, preferencialmente, após o fim do distanciamento social e da redução dos riscos relacionados ao Coronavírus (COVID-19), a fim de priorizar a saúde da comunidade, mediante a redução da propagação do vírus e da disseminação da doença.
- O pesquisador deve priorizar pela adoção de medidas de coleta de dados por meio virtual.
- Caso o(a) pesquisador(a) da pesquisa opte por executar as etapas com participantes de pesquisa antes do fim do distanciamento social, deverá colher Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – Covid-19.
- Se, em decorrência da pandemia do Coronavírus (COVID-19) o cronograma apresentado sofrer alteração, orientamos encaminhar novo cronograma ao CEP HUOL/UFRN, sob a forma de notificação do tipo "Comunicação de Início do Projeto".

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

O trabalho em tele usará dados de alunos e professores, porém de forma voluntária, não encontramos dilemas éticos.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

1. Apresentar relatório parcial da pesquisa, semestralmente, a contar do início da mesma.
2. Apresentar relatório final da pesquisa até 30 dias após o término da mesma.
3. O CEP HUOL deverá ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo.
4. Quaisquer documentações encaminhadas ao CEP HUOL deverão conter junto uma Carta de Encaminhamento, em que conste o objetivo e justificativa do que esteja sendo apresentado.
5. Caso a pesquisa seja suspensa ou encerrada antes do previsto, o CEP HUOL deverá ser comunicado, estando os motivos expressos no relatório final a ser apresentado.
6. O TCLE deverá ser obtido em duas vias, uma ficará com o pesquisador e a outra com o sujeito de pesquisa.
7. Em conformidade com a Carta Circular nº. 003/2011 CONEP/CNS, faz-se obrigatório a rubrica em todas as páginas do TCLE pelo sujeito de pesquisa ou seu responsável e pelo pesquisador.

**Endereço:** Avenida Nilo Peçanha, 620 - Prédio Administrativo - 1º Andar - Espaço João Machado  
**Bairro:** Petrópolis **CEP:** 59.012-300  
**UF:** RN **Município:** NATAL  
**Telefone:** (84)3342-5003 **Fax:** (84)3202-3941 **E-mail:** cep\_huol@yahoo.com.br

Página 02 de 04

**UFRN - HOSPITAL  
UNIVERSITÁRIO ONOFRE  
LOPES DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO GRANDE DO  
NORTE - HUOL/UFRN**



Continuação do Parecer: 4.391.603

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1647649_E1.pdf	14/10/2020 11:05:10		Aceito
Cronograma	cronograma_modificado.pdf	14/10/2020 11:04:13	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	_projeto_de_pesquisa_modificado.pdf	14/10/2020 11:04:01	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	carta_da_emenda.pdf	13/10/2020 21:16:58	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	termo_de_concessao_alunos_modificado.pdf	13/10/2020 20:48:15	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_docentes_modificado.pdf	13/10/2020 20:45:16	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	carta_anuencia_unicamp_assinada.pdf	13/10/2020 20:44:40	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	termo_concessao_unicamp_assinada.pdf	13/10/2020 20:43:30	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Orçamento	orcamento_modificado.pdf	13/10/2020 20:41:50	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_alunos_oficinas.pdf	04/10/2018 18:43:51	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_alunos_disciplinas.pdf	04/10/2018 18:43:39	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	termo_de_concessao_coordenacao.pdf	02/10/2018 17:01:29	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	declaracao_nao_inicio_camila.PDF	28/09/2018 15:51:56	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	11_Identificacao_do_pesquisador_Camila.pdf	28/09/2018 15:50:22	CAMILA CAVALCANTI	Aceito

**Endereço:** Avenida Nilo Peçanha, 620 - Prédio Administrativo - 1º Andar - Espaço João Machado  
**Bairro:** Petrópolis **CEP:** 59.012-300  
**UF:** RN **Município:** NATAL  
**Telefone:** (84)3342-5003 **Fax:** (84)3202-3941 **E-mail:** cep\_huol@yahoo.com.br

UFRN - HOSPITAL  
UNIVERSITÁRIO ONOFRE  
LOPES DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO GRANDE DO  
NORTE - HUOL/UFRN



Continuação do Parecer: 4.391.603

Outros	11_Identificacao_do_pesquisador_Camila.pdf	28/09/2018 15:50:22	RESENDE	Aceito
Outros	termo_de_confidencialidade_camila.PDF	28/09/2018 15:48:36	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	carta_de_anuencia_camila.PDF	28/09/2018 15:47:58	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	termo_de_autorizacao_para_uso_de_imagens_Camila.pdf	28/09/2018 15:47:08	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	termo_de_autorizacao_para_gravacao_de_voz_Camila.pdf	28/09/2018 15:45:57	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto_camila.PDF	28/09/2018 15:39:24	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

NATAL, 11 de Novembro de 2020

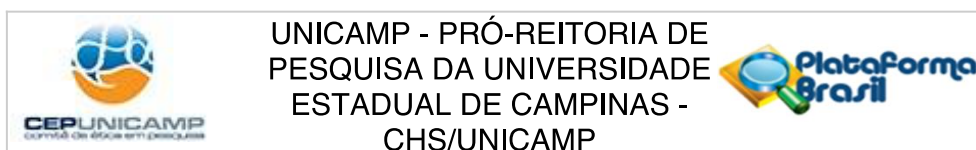
---

**Assinado por:**  
**jose diniz junior**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** Avenida Nilo Peçanha, 620 - Prédio Administrativo - 1º Andar - Espaço João Machado  
**Bairro:** Petrópolis **CEP:** 59.012-300  
**UF:** RN **Município:** NATAL  
**Telefone:** (84)3342-5003 **Fax:** (84)3202-3941 **E-mail:** cep\_huol@yahoo.com.br

Página 04 de 04

## Anexo II – Parecer Consubstanciado do CEP/UNICAMP



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Elaborado pela Instituição Coparticipante

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** A INTEGRAÇÃO DA CONCEPÇÃO ESTRUTURAL NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DO PROJETO DE ARQUITETURA.

**Pesquisador:** CAMILA CAVALCANTI RESENDE

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 00360818.3.3001.8142

**Instituição Proponente:** Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 4.468.707

#### Apresentação do Projeto:

INFORMAÇÕES FORNECIDAS PELO PESQUISADOR VIA PLATAFORMA BRASIL

Esta pesquisa investiga a concepção estrutural integrada ao ensino/aprendizagem do Projeto de Arquitetura dentro dos cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo brasileiros. Entende-se que a estrutura deve ser compreendida como parte de um trabalho de arquitetura (SANDAKER, 2007) e que ela também resultará em ferramentas de inúmeras funções exigidas pelo espaço arquitetônico (LARSEN, 2003). Existe atualmente um hiato entre o ensino de sistemas estruturais e o ensino de projeto, o que tem como consequência a dificuldade de inserção da estrutura, como concepção, no processo de projeto arquitetônico. Tal dificuldade acarreta, do ponto de vista profissional, o despreparo de arquitetos para lidarem com este tipo de pensamento durante a concepção do espaço. A procura pela integração de conteúdos no ensino/aprendizagem de Projeto de Arquitetura no atelier é um tema vivamente presente no meio acadêmico, porém, ainda é limitada a literatura que aborda a concepção estrutural como um fator atuante neste seguimento. Assim sendo, este trabalho tem como objetivo principal entender e avaliar como ocorre esta integração, comparando processos, características e métodos. Para isso, propõe-se selecionar e avaliar currículos de cursos de Arquitetura e Urbanismo (CAU) no Brasil considerados referência nesse campo de ensino, observar e analisar diretamente disciplinas de Projeto de Arquitetura e de

**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: 4.468.707

Estruturas e, por fim, testar métodos de ensino/aprendizado através da realização de duas Oficinas de concepção estrutural em projetos de arquitetura. Espera-se que os resultados da pesquisa possam subsidiar sugestões de melhorias no ensino e integração das disciplinas de Projeto Arquitetônico com os conteúdos referentes a estruturas, em especial, a concepção estrutural.

**Hipótese:**

A hipótese principal é que existem métodos de ensino de projeto de arquitetura que podem contribuir para a concepção estrutural integrada à concepção arquitetônica. A produção de modelos físicos (hands-on activities) é uma estratégia que pode ser desenvolvida no ambiente do atelier, uma vez que a disciplina de Projeto de Arquitetura tem como característica principal um ensino prático reflexivo, ou seja, aprender fazendo, conforme afirma Schön (1998). Neste contexto, atividades como a de “Pensar, Fazer e Quebrar” (Think, Make and Break) podem também trazer novas perspectivas para um ensino integrado de Projeto de Arquitetura. Da mesma forma, novas propostas de ensino da concepção estrutural, como o “Projeto Mola” e determinados Jogos (tais como K’nex, Citiblocks e Thames e Kosmos: Structural Engineering) tem potencial promissor como suporte ao processo de projeto e auxiliar no entendimento de transmissão de cargas para o solo. Tais estratégias didáticas podem contribuir para ensino/aprendizagem do projeto arquitetônico integrado à forma estrutural, algo que deve ser testado na pesquisa aplicada.

**Critério de Inclusão:**

Estar devidamente matriculado na disciplina a ser analisada. Aceitar participar da pesquisa. Estar inscrito e participar da Oficina.

**Critério de Exclusão:**

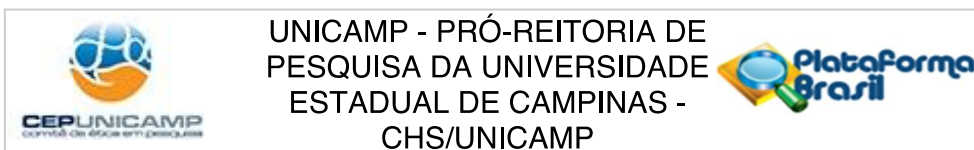
Menores de 18 anos. Não serem alunos do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo.

**Objetivo da Pesquisa:**

INFORMAÇÕES FORNECIDAS PELO PESQUISADOR VIA PLATAFORMA BRASIL

Entender e avaliar como ocorre a integração concepção estrutural no ensino/aprendizagem do Projeto de Arquitetura no curso de AU, e comparando processos, características e métodos das

**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: 4.468.707

disciplinas avaliadas e das oficinas propostas.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Segundo os pesquisadores:

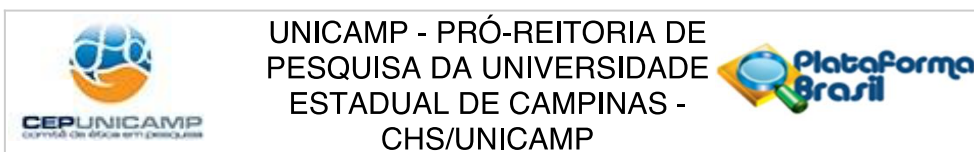
"Alunos das disciplinas analisadas: A previsão de riscos é mínima; basta o estudante sentir-se à vontade e confortável para desenvolver o projeto da disciplina, e posteriormente debater e expressar suas opiniões. No entanto, considerando que a pesquisadora irá observar presencialmente as aulas da disciplina, mesmo sem interferir nas atividades, a presença da mesma pode acarretar em desconforto no desenvolvimento de algumas atividades do processo de ensino/ aprendizagem (desenvolvimento de exercícios/ projetos; interação para esclarecimento de dúvidas; explanação de opiniões). Há também possibilidade de desconforto na realização do grupo focal, uma vez que o estudante pode não entender alguma pergunta ou não se sentir apto a respondê-la. Será dada aos estudantes a opção de poder deixar de participar, a qualquer momento, do grupo focal ou de não responder a perguntas feitas. Docentes das disciplinas analisadas: A previsão de riscos é mínima; basta o docente sentir-se à vontade e confortável para ministrar a disciplina e responder às questões sobre ela e expressar suas opiniões. No entanto, considerando que a pesquisadora irá observar presencialmente as aulas da disciplina, mesmo sem interferir nas atividades, a presença da mesma pode acarretar em desconforto no desenvolvimento de algumas atividades do processo de ensino/ aprendizagem (desenvolvimento de exercícios/ projetos; interação para esclarecimento de dúvidas; explanação de opiniões). Há também possibilidade de desconforto na realização da entrevista, uma vez que o entrevistado pode não entender alguma pergunta ou não se sentir confortável a respondê-la. Será dada ao docente a opção de poder deixar de participar, a qualquer momento, da entrevista ou de não responder a perguntas feitas. Participantes das Oficinas: A previsão de riscos é mínima; basta o participante sentir-se à vontade e confortável para desenvolver o projeto/atividade e posteriormente debater e expressar suas opiniões a respeito. No entanto, há a possibilidade de desconforto uma vez que o aluno/participante pode não entender algum exercício proposto ou não saber como resolvê-lo. Para mitigação desse desconforto, a responsável da oficina estará sempre disponível para tirar dúvidas e/ou redirecionar o exercício de projeto."

Quanto aos benefícios, é informado o seguinte:

"Os benefícios desta pesquisa são coletivos com rebatimentos na formação profissional em nível de graduação, pois se espera contribuir para o aprofundamento dos estudos sobre a integração da

**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

Página 03 de 08



Continuação do Parecer: 4.468.707

concepção estrutural no ensino de projeto, em especial, para reflexão de uma formação acadêmica sólida e que seja capaz de melhor preparar o futuro profissional para atuar nesta área."

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Emenda a protocolo já aprovado em CEP da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. O protocolo indica a Unicamp como centro co-participante. A pesquisa se refere ao projeto de doutorado em Arquitetura e Urbanismo de Camila Cavalcanti Resende sob orientação de Maisa Fernandes Dutra Veloso.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

ver "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações"

**Recomendações:**

A voz do participante é protegida legalmente na Constituição Federal, artigo 5o, XXVIIIa.

Já a imagem do participante é protegida legalmente, sendo considerada um dos Direitos e Garantias Fundamentais, previstos na Constituição Federal, artigo 5o, incisos X e XXVIIIa, e no Código Civil de 2002, em seu Capítulo II (Dos Direitos da Personalidade), artigos 11, 12 e 20. Vale observar que o Direito de Imagem é inviolável e inalienável, não sendo objeto de cessão de direitos de reprodução, mas de licenciamento de uso. Se a divulgação da imagem dos participantes for indispensável para a pesquisa, a pesquisadora deve justificar devidamente essa necessidade e elaborar um pedido de licenciamento de uso de imagem.

Constituição Federal: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm) Código Civil (2002): [http://www.planalto.gov.br/CCivil\\_03/leis/2002/L10406.htm](http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/leis/2002/L10406.htm)

De todo modo, por se tratar de questões jurídicas, está além das funções e das capacidades técnicas do CEP a validação jurídica de documentos como termos de cessão de uso/reprodução de imagem e voz e demais tipos de autorizações.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

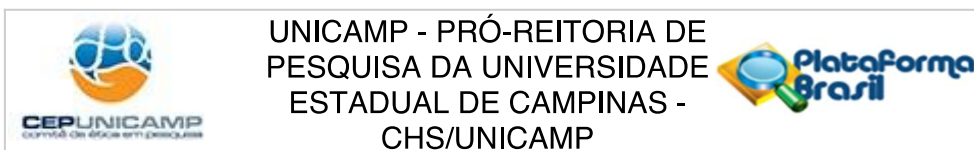
O protocolo foi considerado aprovado neste CEP e, caso não tenha autorizações institucionais pendentes ou centros co-participantes, pode ser iniciado.

Não estão sob o escopo deste parecer

- Eventuais alterações documentais realizadas sem aviso prévio e/ou não solicitadas pelo CEP em

**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

Página 04 de 08



Continuação do Parecer: 4.468.707

forma de pendência ou de recomendação;

- Dados coletados sem as adequações descritas acima (se aplicável);
- Dados coletados em data anterior a este parecer;
- Caso, eventualmente, os dados sejam coletados com autorizações institucionais pendentes (se necessário);
- Caso, eventualmente, os dados sejam coletados sem a aprovação/autorização do centro co-participante (se necessário).
- Relatório final deve ser apresentado ao CEP via notificação ao término do estudo.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

- Vale lembrar que a interação com os participantes de pesquisa só pode ser iniciada a partir da aprovação desse protocolo no CEP. Os cronogramas de geração/coleta de dados deve acompanhar o relatório final de pesquisa

- Cabe enfatizar que, segundo a Resolução CNS 510/16, Art.28 Inciso IV, o pesquisador é responsável por "(...) manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa".

- O participante da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado. (Res.510/16, Cap.III, Art.9, inciso II)

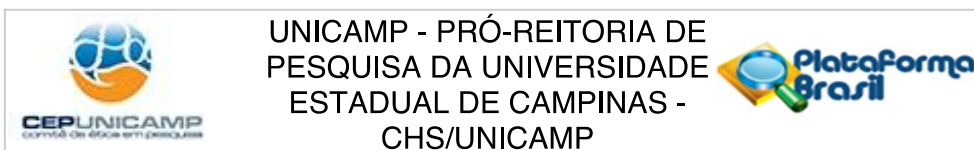
- A responsabilidade de obtenção de registro de consentimento, bem como o de sua guarda, é de inteira responsabilidade da equipe de pesquisa. Tais documentos podem ser solicitados a qualquer momento pelo sistema CEP-CONEP para fins de auditoria, bem como servem de proteção para os próprios pesquisadores em caso de eventuais 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.

- Relatório final deve ser apresentado ao CEP via notificação ao término do estudo.

**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

Página 05 de 08



Continuação do Parecer: 4.468.707

- 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 dos responsáveis. Caso não conste no protocolo no momento desta aprovação, estas autorizações devem ser submetidas ao CEP em forma de notificação antes do início da pesquisa.

- Vale também ressaltar o Art. 3o, inciso VIII da Resolução 510/16:

"São princípios éticos das pesquisas em Ciências Humanas e Sociais:

VIII - garantia da não utilização, por parte do pesquisador, das informações obtidas em pesquisa em prejuízo dos seus participantes;"

- O papel do CEP é proteger e garantir os direitos do participante de pesquisa. Está além das funções e das capacidades técnicas do CEP a validação jurídica de documentos como termos de cessão de uso/reprodução de imagem e voz e demais tipos de autorizações.

- As declarações feitas 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.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1662089.pdf	04/12/2020 15:33:48		Aceito
Outros	carta_resposta_pendencias_unicamp.pdf	04/12/2020 15:32:01	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_aluno_disciplina_modificado_unicamp.pdf	04/12/2020 15:31:21	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_aluno_oficinas_modificado_unicamp.pdf	04/12/2020 15:31:12	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	tcle_docente_modificado_unicamp.pdf	04/12/2020 15:31:02	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito

**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



UNICAMP - PRÓ-REITORIA DE  
PESQUISA DA UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE CAMPINAS -  
CHS/UNICAMP



Continuação do Parecer: 4.468.707

Ausência	tcle_docente_modificado_unicamp.pdf	04/12/2020 15:31:02	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Cronograma	cronograma_modificado_unicamp.pdf	04/12/2020 15:30:47	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_de_pesquisa_modificado_unica mp.pdf	04/12/2020 15:30:09	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	_projeto_de_pesquisa_modificado.pdf	14/10/2020 11:04:01	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	carta_da_emenda.pdf	13/10/2020 21:16:58	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	termo_de_concessao_alunos_modificad o.pdf	13/10/2020 20:48:15	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_docentes_modificado.pdf	13/10/2020 20:45:16	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	carta_anuencia_unicamp_assinada.pdf	13/10/2020 20:44:40	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	termo_concessao_unicamp_assinada.pd f	13/10/2020 20:43:30	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_alunos_oficinas.pdf	04/10/2018 18:43:51	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_alunos_disciplinas.pdf	04/10/2018 18:43:39	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	termo_de_concessao_coordenacao.pdf	02/10/2018 17:01:29	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	declaracao_nao_inicio_camila.PDF	28/09/2018 15:51:56	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	11_Identificacao_do_pesquisador_Camil a.pdf	28/09/2018 15:50:22	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	termo_de_confidencialidade_camila.PD F	28/09/2018 15:48:36	CAMILA CAVALCANTI	Aceito

**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: 4.468.707

Outros	termo_de_confidencialidade_camila.PDF	28/09/2018 15:48:36	RESENDE	Aceito
Outros	carta_de_anuencia_camila.PDF	28/09/2018 15:47:58	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	termo_de_autorizacao_para_uso_de_imagens_Camila.pdf	28/09/2018 15:47:08	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito
Outros	termo_de_autorizacao_para_gravacao_de_voz_Camila.pdf	28/09/2018 15:45:57	CAMILA CAVALCANTI RESENDE	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

CAMPINAS, 16 de Dezembro de 2020

---

**Assinado por:  
Thiago Motta Sampaio  
(Coordenador(a))**

**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

# APÊNDICES

## Apêndice I – Quadro resumo da integração de disciplinas

<i>Modo de aprendizagem</i>	<i>Interatividade</i>	<i>Papel do estudante</i>	<i>Papel do professor</i>
<p><i>Intradisciplinar</i></p> 	Dirigida por tópicos: apenas uma disciplina	Recebedor	Entregador de conteúdos
<p><i>Multidisciplinar</i></p> 	Dirigida de assunto para assunto: pessoas de diferentes disciplinas trabalham juntas, cada uma no seu campo de conhecimento	Consumidor	Facilitador dos conteúdos
<p><i>Interdisciplinar</i></p> 	Dirigida por colaboração dos aprendizes: integrar conhecimentos e métodos de diferentes disciplinas, usando abordagens reais de síntese	Colaborador	Criador de conteúdos
<p><i>Transdisciplinar</i></p> 	Dirigida pela participação dos aprendizes e pela criação de novos conhecimentos: gerar uma unidade de quadros intelectuais além das perspectivas disciplinares	Produtor de conhecimentos	Criador de aprendizagem interativa

Fonte: Elaborado pela autora com base em Masri (2017).

## **Apêndice II – Instrumentos de Análise**

### **1.Roteiro de análise das Estruturas Curriculares no Brasil com ênfase de investigação no ensino da concepção estrutural (Pesquisa indireta):**

#### 1.1.Identificação:

1.1.1.Universidade:

1.1.2.Ano do Projeto Pedagógico:

1.1.3.Ano de Implantação do Currículo:

1.1.4.Localização (Centro):

1.1.5.Quantidade de ingressos por semestre:

1.2.Ementa

1.3.Projeto Pedagógico

1.4.Verificar se a Universidade dispõe de laboratórios de maquetes, laboratórios de estruturas e/ou laboratórios similares;

1.5.Observar a relação das disciplinas de Projeto de Arquitetura com as disciplinas de Sistemas Estruturais (período, integração, sequência de temas ou conteúdos);

1.6.Identificar quais são as disciplinas de Projeto que tem como foco a Estrutura ou quais delas são mais indicadas para o ensino da concepção estrutural.

### **2.Roteiro de Análise da Disciplina (Pesquisa direta):**

#### 2.1.Identificação:

2.1.1.Componente curricular:

2.1.2.Horário:

2.1.3.Carga Horária:

2.1.4.Local:

2.1.5.Período:

2.1.6.Código:

2.1.7.Créditos:

2.1.8.Professor:

2.1.9.Perfil do docente:

2.1.10.Pré-requisitos:

2.1.11.Co-requisitos:

2.1.12.Tema:

#### 2.2.Análise da Ementa e Plano de Curso

2.2.1.Ementa da disciplina:

2.2.2.Objetivo Geral:

2.2.3.Metodologia;

2.2.4.Formas de Avaliação;

2.2.5.Verificar se a Bibliografia está de acordo com o tema da disciplina;

2.2.6.Verificar se o conteúdo programático contribui para o desenvolvimento do anteprojeto;

2.2.7.Analisar se o Plano de Curso sugere alguma integração com as disciplinas de estruturas;

### **2.3.Observação direta e Avaliação das atividades:**

2.3.1.Relação professor-estudante;

2.3.2.Observar qual o método de ensino aplicado na disciplina;

2.3.3.Observar como se dá o processo de projeto dos discentes;

2.3.4.Listar quais foram as principais restrições de projeto exigidas pelo professor;

2.3.5. Analisar se a base teórica (aulas expositivas no início da disciplina) contribui para a fase inicial do processo de projeto;

2.3.6. Observar se há interação/integração entre as disciplinas de estruturas na fase de desenvolvimento do projeto;

2.3.7. Avaliar em que momento foram decididos os fatores relativos ao sistema construtivo e ao sistema estrutural;

2.3.8. Identificar o tipo do sistema construtivo e materiais utilizados;

2.3.9. Observar se os projetos seguem uma lógica estrutural adequada e se os discentes têm o entendimento mínimo do pré-dimensionamento da estrutura;

2.3.10. Observar se a utilização de softwares 3d (Sketchup, Revit e etc) contribui no processo de projeto, do ponto de vista da concepção estrutural;

2.3.11. Observar se a utilização de maquetes e modelos físicos contribui no processo de projeto, do ponto de vista da concepção estrutural;

2.3.12. Analisar a representação da estrutura tanto no processo de projeto (croquis), quanto ao resultado final (anteprojeto).

#### **2.4. Roteiro para a entrevista coletiva com os discentes:**

2.4.1. As experiências projetuais nas disciplinas anteriores contribuíram para o desenvolvimento do anteprojeto da disciplina?

2.4.2. Qual foi o principal foco da disciplina de Projeto (forma, função ou técnica?)

2.4.3. Qual foi o grau de influência da estrutura no desenvolvimento do projeto?

2.4.4. Qual momento do processo de projeto a estrutura foi levada em consideração?

2.4.5. Do ponto de vista da concepção estrutural, como vocês avaliam seus projetos?

2.4.6. De que maneira a estrutura influenciou na forma e na função do edifício no Projeto desenvolvido na disciplina?

2.4.7. Quais restrições de projeto influenciaram no processo de projeto, especialmente na concepção estrutural?

#### **2.5. Entrevista com o professor:**

2.5.1. Como você avalia o grau de influência das disciplinas de Estruturas, do curso de Arquitetura e Urbanismo, na escolha do sistema construtivo e no desenvolvimento do projeto?

2.5.2. Na sua avaliação, a concepção estrutural foi um dos aspectos priorizados no desenvolvimento dos trabalhos dos estudantes da disciplina de Projeto de Arquitetura? Em que momento da concepção arquitetônica?

2.5.3. Na sua opinião, a participação de professores de Estruturas pode melhorar o aproveitamento dos estudantes em relação ao ensino da concepção estrutural no processo de projeto?

#### **2.6. Roteiro para análise dos Projetos:**

2.6.1. Analisar se a estrutura é facilmente identificada no projeto;

2.6.2. Verificar se houve projetos de referência para a concepção do projeto e da estrutura;

2.6.3. Verificar se há alguma lógica estrutural nos projetos dos discentes;

2.6.4. Verificar o grau do desenvolvimento da estrutura nos projetos dos estudantes (criar uma escala- estrutura como um princípio condutor do projeto até a estrutura não concebida);

2.6.5. Analisar como se deu a interação da arquitetura e da estrutura com base nas relações estabelecidas por alguns autores;

### **3.Roteiro de Organização e Análise das Oficinas (Pesquisa direta):**

#### 3.1.Apresentação da Oficina:

3.1.1.Duração: 1 dia;

3.1.2.Quantidade máxima de participantes: 20 pessoas (4 ou 5 grupos);

3.1.3.Materiais fornecidos pela pesquisadora.

#### 3.2.Atividades Projetuais

3.2.1.Com modelos físicos (maquetes);

3.2.1.1.Elaboração do modelo físico;

3.2.1.2.Competição de suporte de cargas;

#### **3.3.Roteiro de Análise das Oficinas:**

3.3.1.Observar se os estudantes compreenderam e participaram de todas as atividades;

3.3.2.Observar o Processo de Projeto auxiliado por modelos físicos (maquetes);

3.3.3.Observar qual das atividades promoveu uma maior integração entre a estrutura e o espaço no processo de projeto;

3.3.4.Identificar quais das atividades teve mais modelos físicos diferentes do ponto de vista estrutural.

3.3.5.Analisar comparativamente as duas atividades projetuais propostas.

## Apêndice III – Análise dos Projetos da disciplina da UFRN

A seguir, as Análises dos 10 projetos entregues na disciplina de Projeto 4 do CAU/UFRN:

### Projeto 1

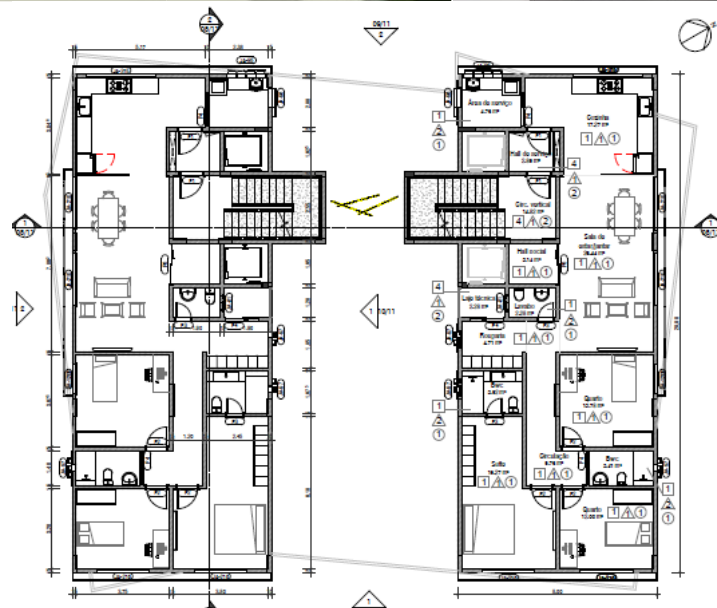
Com a determinação de um programa misto, ou seja, residencial e comercial/empresarial, percebe-se que a equipe conseguiu compatibilizar bem os pavimentos e suas estruturas. Com 15 pavimentos e uma cobertura destinada a Área de Lazer, o projeto ter resolvido com êxito todas as questões estruturais. Por ser um edifício mais alto, os elementos estruturais estão com dimensões razoáveis e aparecem em todas os desenhos. As diferentes tipologias dos apartamentos permitiram uma composição da fachada diferenciada, porque de um lado o projeto apresenta unidades com pé direito duplo, tendo também um deslocamento com uma pele de vidro para a área de circulação.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto 4 – CAU/UFRN.

## Projeto 2

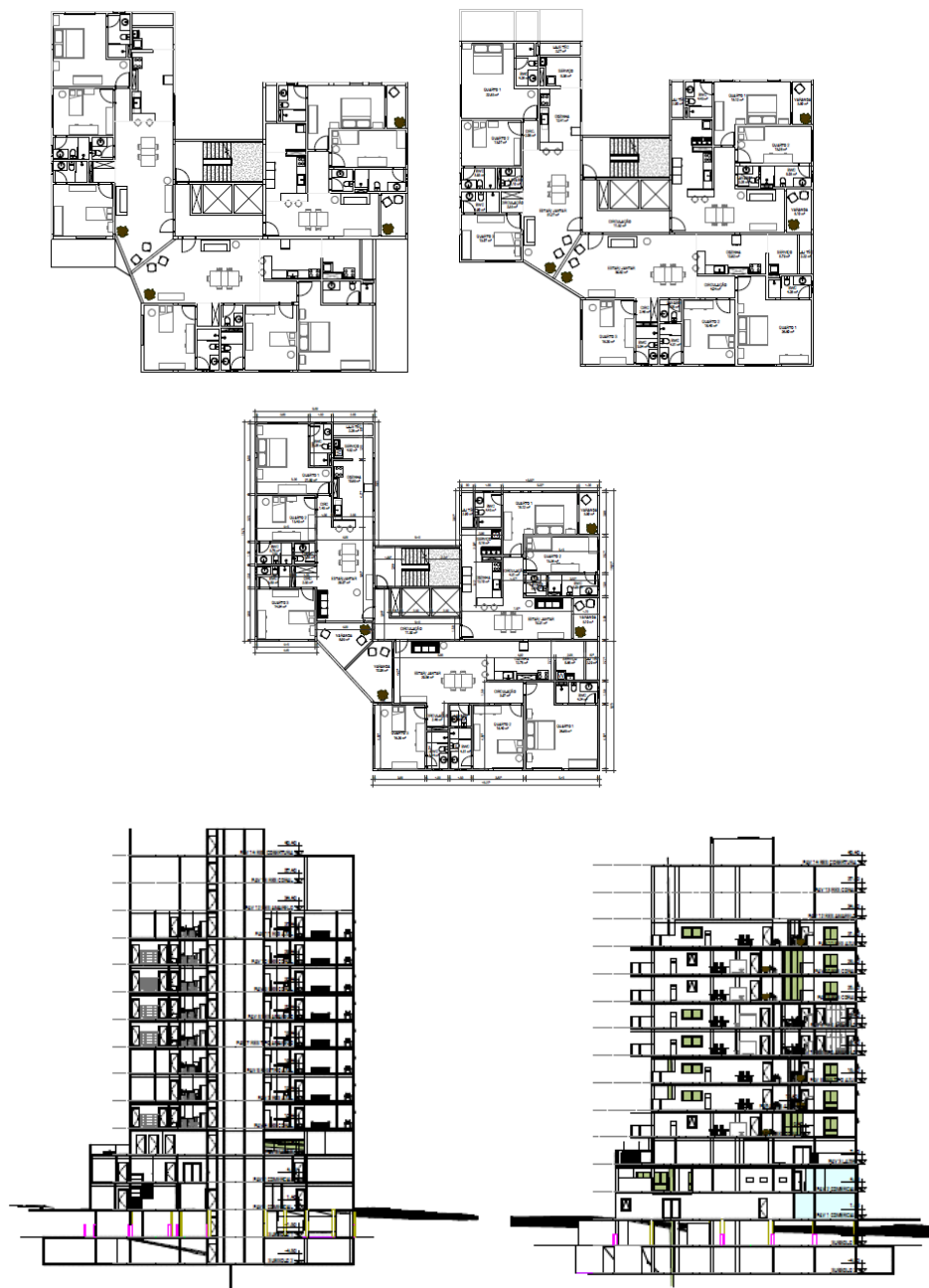
O projeto foi o único que manteve a estratégia projetual de produzir maquetes durante o semestre e talvez isso possa ter ajudado no quesito de entender melhor a forma e a estrutura do edifício. O resultado foi um projeto muito racionalizado do ponto de vista estrutural, mas também de espaços pensados em conjunto, porque não se percebe pilares ou vigas indesejados nos pavimentos de garagem, por exemplo. A dificuldade de inserir dois edifícios em um terreno também é um ponto diferente dos demais projetos, assim como a criação de espaços intermediários entre eles. Com uma planta mais ortogonal, a equipe utilizou as vigas de uma para o outro como ponto mais irregular, dando um certo movimento as fachadas. Do mesmo modo, que seu formato permitiu a utilização de brises móveis nas janelas do edifício. A solução para os pavimentos de garagem foi boa para o resultado do trabalho, porque ocupando todo o terreno, foi necessário apenas um andar semienterrado para garantir a quantidade necessária de vagas para carros.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto 4 – CAU/UFRN.

### Projeto 3

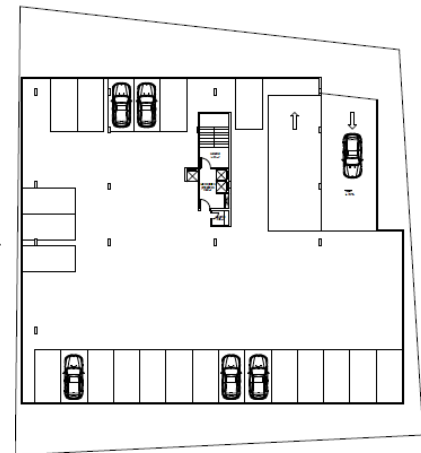
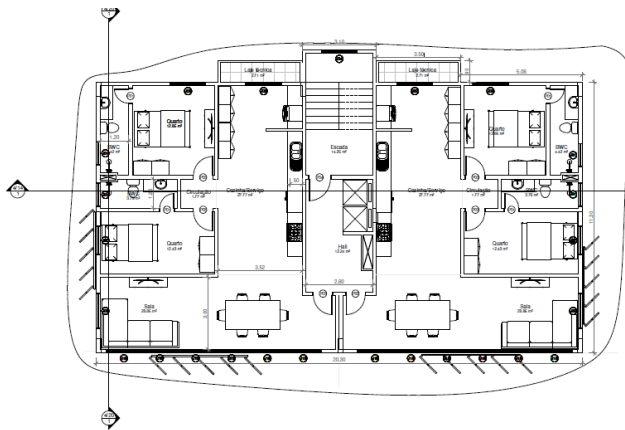
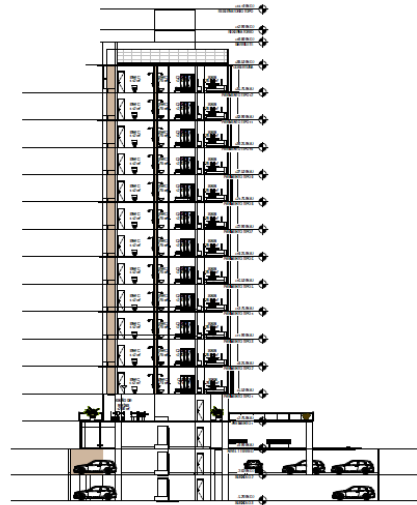
A equipe partiu da ideia de criar três tipologias de apartamentos o que resultaria em uma fachada bem variada, no entanto, essa ideia pode ter colocado uma dificuldade muito alta na compatibilização da estrutura dos tipos somada as do térreo (comercial) e dos pavimentos de garagem. O projeto não contou com uma perspectiva, mas de acordo com as pranchas apresentadas, percebe-se a tentativa de seguir essa dinâmica dentro do projeto. Olhando para as plantas baixas, observamos o esforço de encaixar os pilares fora de uma modulação, por exemplo, e em alguns pontos, elementos muito próximos. Além disso, a representação deixou um pouco a desejar, além da circulação de veículos que foi prejudicada por conta da estrutura nos andares inferiores.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto 4 – CAU/UFRN

## Projeto 4

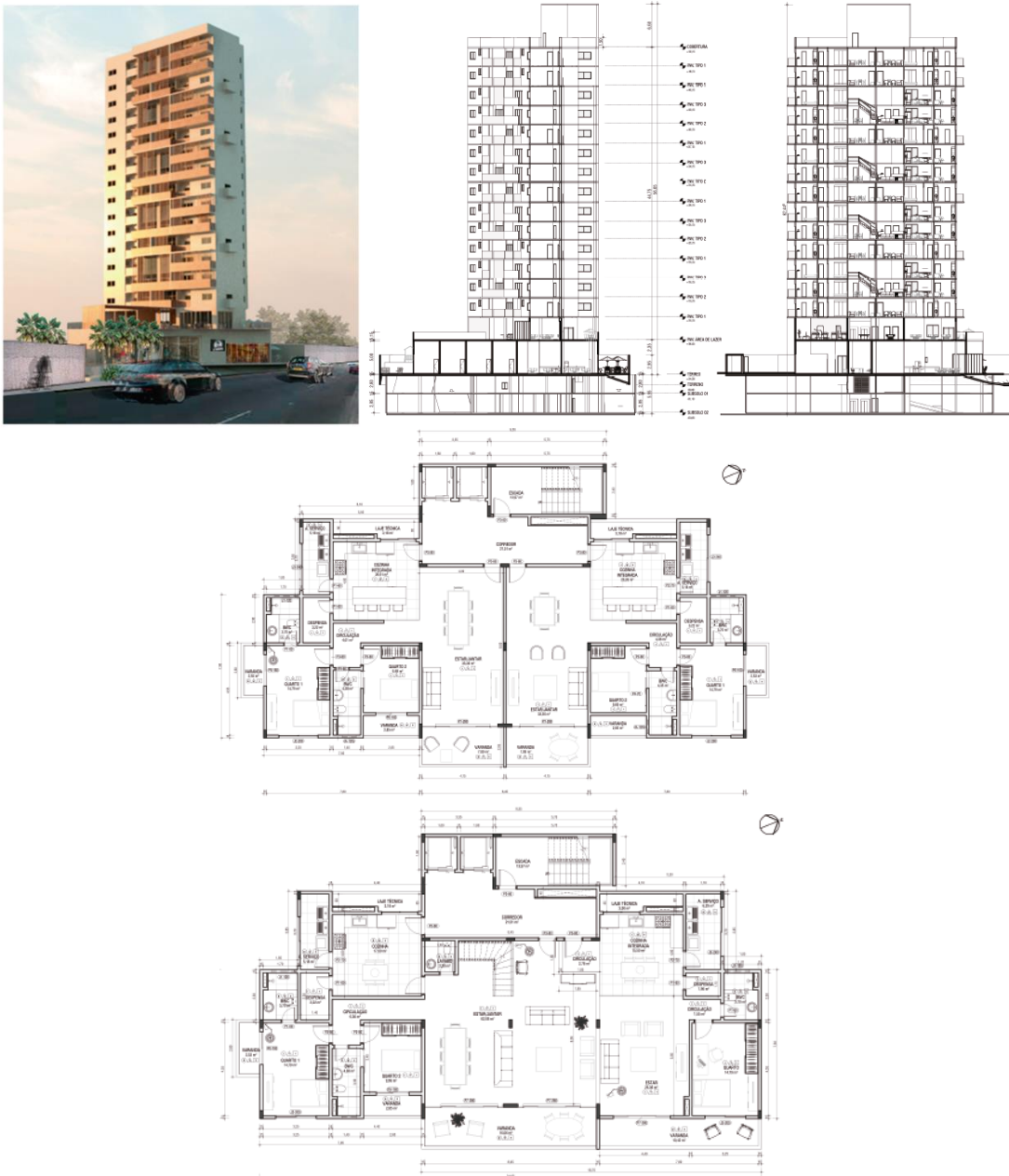
Do ponto de vista estrutural, o edifício foi bem resolvido. A aluna utilizou as lajes para criar uma variação maior na fachada, criando varandas para os apartamentos. Por se tratar de um sistema estrutural de concreto armado e de um edifício alto, os pilares estão com dimensões razoáveis. Entendemos que a discente não teve problemas em articular a estrutura do pavimento tipo com os demais, no entanto, no caso dos de garagem, em algumas áreas falta a representação dos pilares. No mais, sua composição de fachada com lajes, que lembra um pouco o Escritório de Willis, Faber e Dumas Associados de *Foster + Partners*, porém sendo mais vertical. É um projeto que condiz muito com o sistema estrutural proposto com pórticos convencionais, mas que conseguiu pensar em como suas lajes poderiam dar mais liberdade a forma e criar movimento nas fachadas, o que também foi assertivo na melhora do conforto ambiental das unidades residenciais.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto 4 – CAU/UFRN.

## Projeto 5

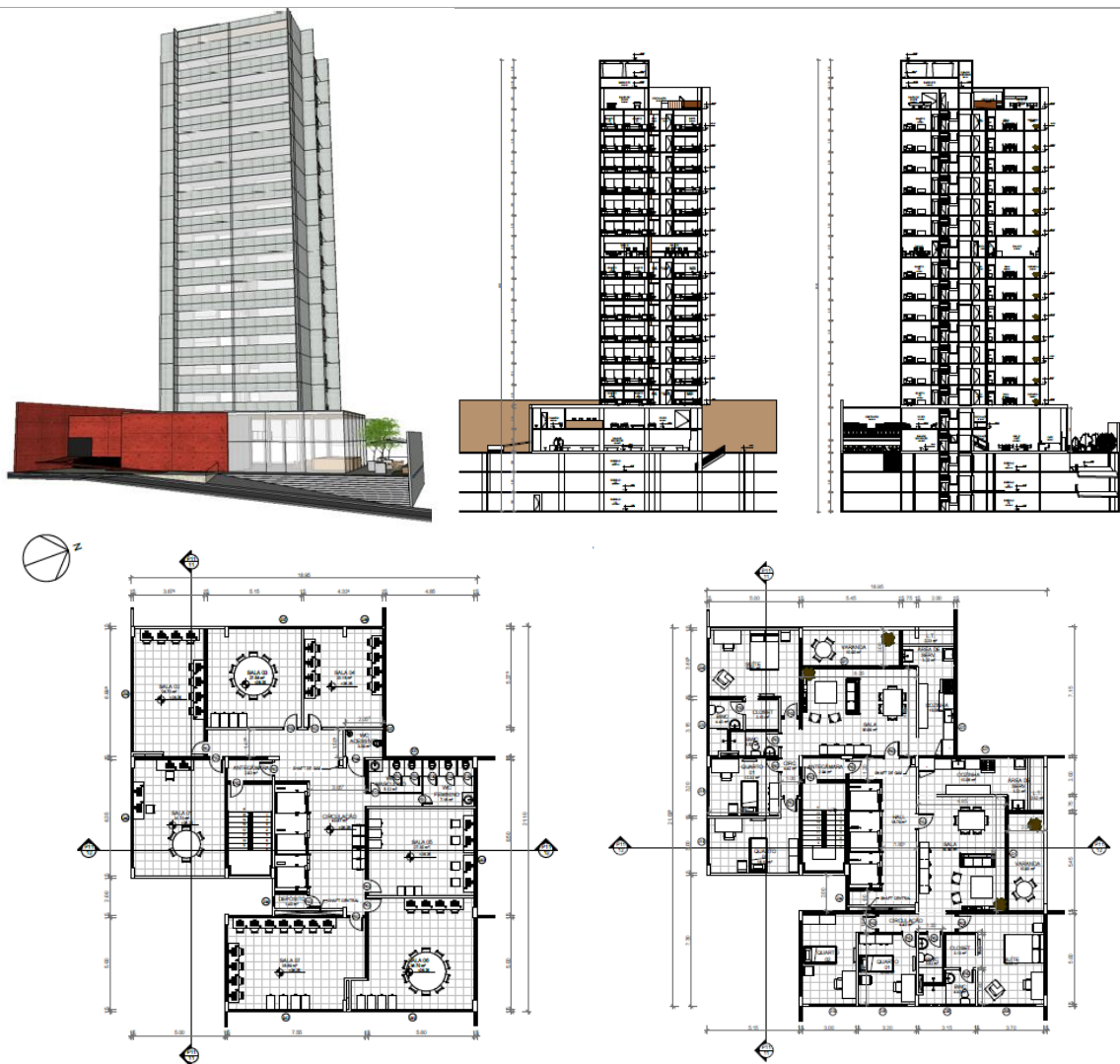
Este projeto também teve sua estrutura “lançada” posteriormente a definição dos espaços internos dos pavimentos tipo e esta questão pode ser percebida pela localização dos pilares. No entanto, mesmo sem uma modulação, a equipe conseguiu solucionar as estruturas nas tipologias dos pavimentos, em que uma delas conta com dois andares, como indicado nos Cortes. O resultado dessa alternância foi positivo, principalmente na composição das fachadas. Neste projeto se considerou também o pórtico, em que os pilares e vigas seguem exatamente a forma dos ambientes, tendo até alguns deles em “L” e fora do que deveriam ser seus eixos, o que pode indicar que a concepção estrutural não foi um ponto pensado desde o início do processo de projeto. Contudo, as dimensões desses elementos estruturais parecem razoáveis pela altura do edifício proposto.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto 4 – CAU/UFRN

## Projeto 6

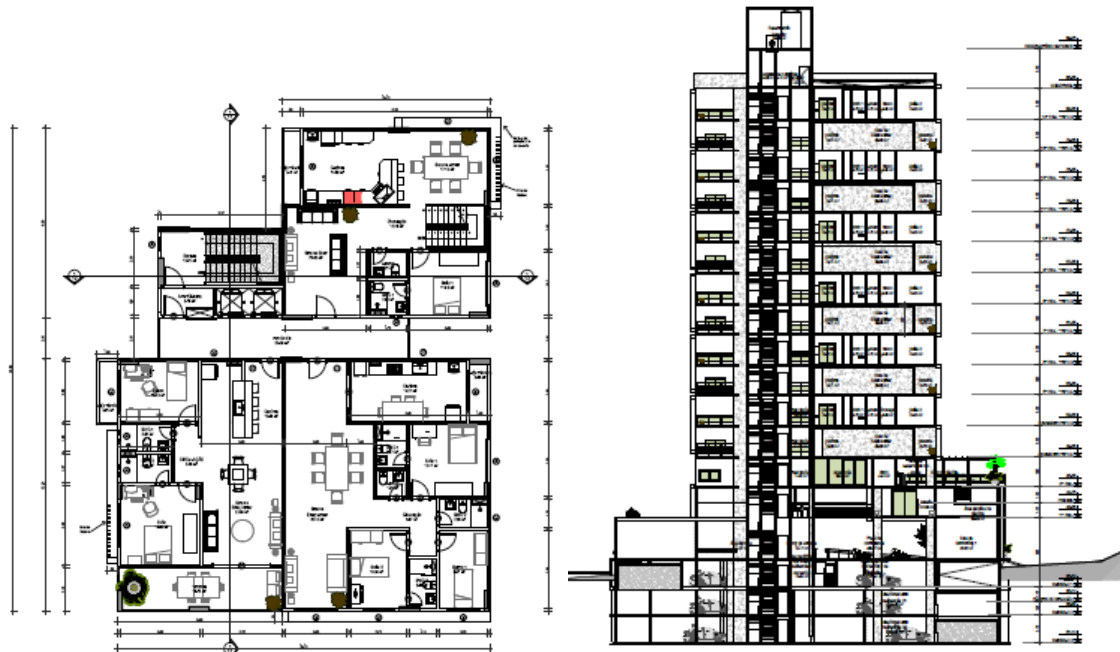
Por ser um prédio residencial e empresarial, a equipe teve certa dificuldade de articular a estrutura entre as plantas diferentes, e lidou com a questão da influência dos pilares do pavimento tipo nos andares de garagem. Percebe-se nesse caso, que a função dos ambientes foi determinante no projeto e que os elementos estruturais foram inseridos posteriormente, o que acarretou nesta compatibilização das plantas baixas. Esse fato pode ser confirmado com a inexistência de uma modulação no projeto e a utilização do sistema de pórticos, por ser um caminho mais conhecido e fácil de representar. Visualizando a fachada também percebemos a torre do edifício sem movimento, apesar do tratamento do revestimento das fachadas de modo a esconder um pouco mais as janelas.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto 4 – CAU/UFRN

## Projeto 7

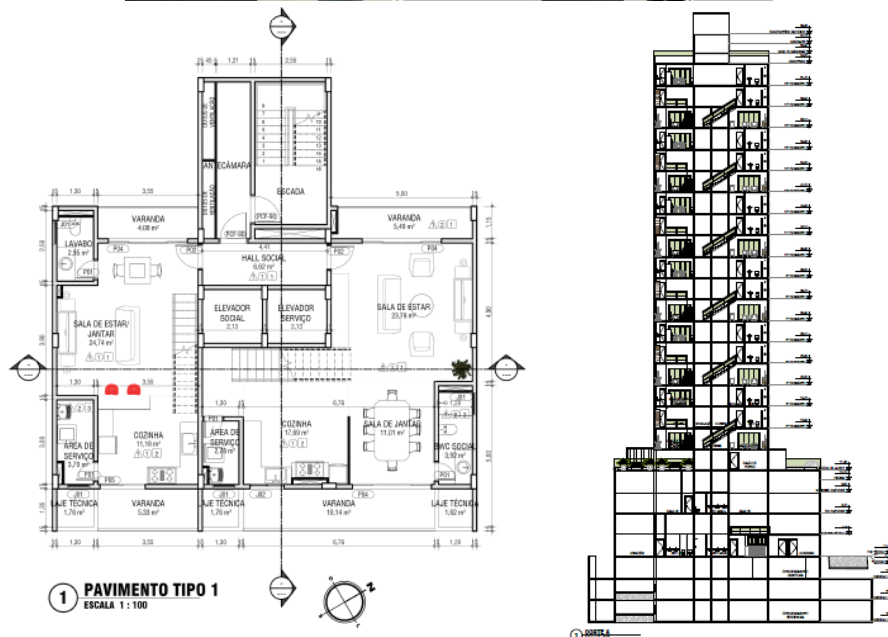
Este projeto também considerou a alternância das tipologias dos pavimentos, o que pode ser percebido na fachada. Entretanto, utilizou desse artifício para ressaltar os pilares com uma cor mais escura, resultando numa composição com mais movimento do que se compararmos alguns edifícios residenciais verticais. A equipe utilizou bastante a ideia de flexibilidade que o concreto armado proporciona entre os pavimentos, considerando espaços de varandas e tipologias com dois andares. A proposta não seguiu uma modulação e a estrutura aparentemente foi conduzida pela forma dos ambientes, o que indica um pensamento posterior a concepção arquitetônica. Apesar disso, os elementos estruturais estão bem dimensionados e compatibilizados com todos os pavimentos, inclusive com os de garagem.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto 4 – CAU/UFRN

## Projeto 8

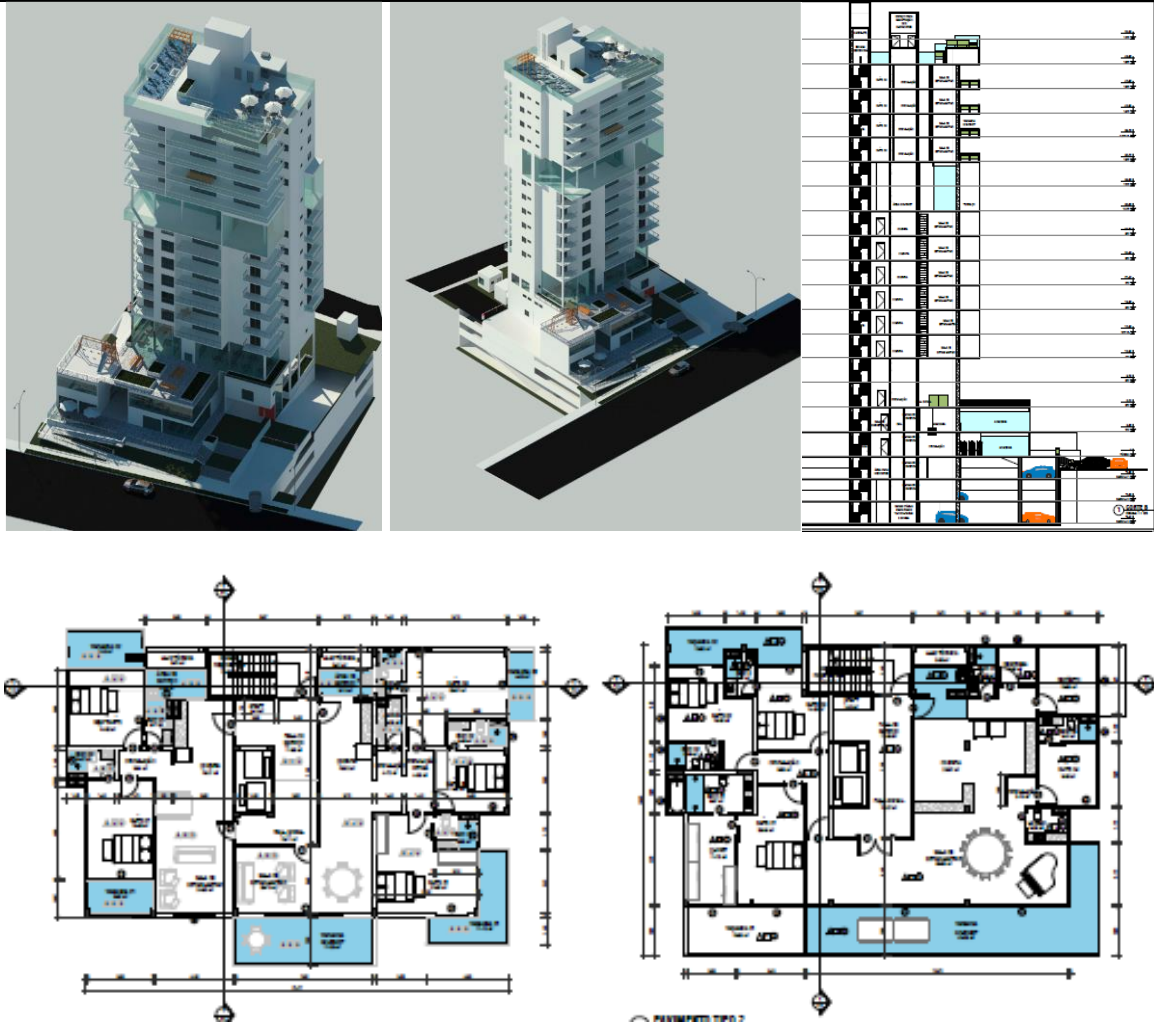
Semelhante aos anteriores, este projeto também considerou uma variação entre as tipologias dos pavimentos residenciais. A diferença neste caso foi a utilização de uma modulação que determinou a forma do edifício, tendo um certo movimento apenas por conta das alternâncias das fachadas. Sendo residencial, comercial e empresarial, a solução para os andares inferiores seguiu também essa regra de medidas do bloco mais vertical. Foi importante perceber que em algumas partes da planta baixa, os elementos estruturais foram rotacionados para se adequarem aos ambientes, o que também aconteceu nos pavimentos de garagem. Esta foi uma das equipes que mais modificou a estrutura no decorrer do processo de projeto, na tentativa de achar uma solução que integrasse a modulação proposta com os ambientes.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto 4 – CAU/UFRN

## Projeto 9

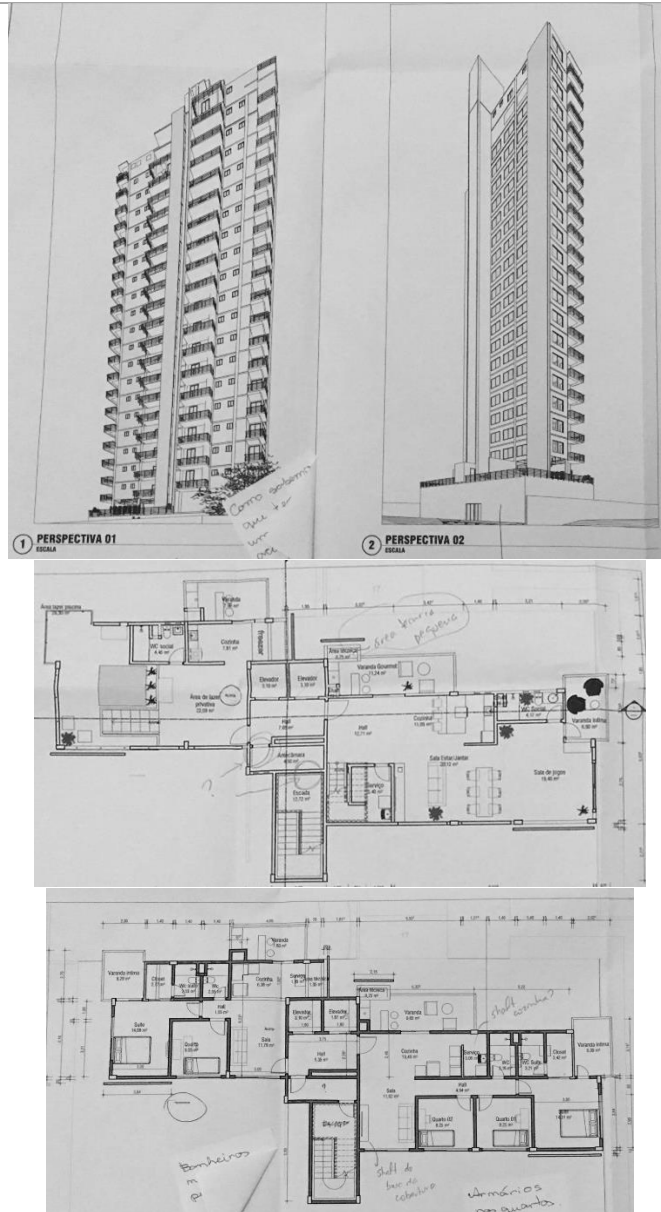
Aqui mais uma vez a estrutura foi determinada pela planta baixa dos pavimentos tipos e com as dos andares comerciais e de garagem. Nesse caso, a Área de Lazer está dividida na cobertura e em um andar intermediário do bloco vertical, com pé direito duplo e fechamento de vidro, o que separa também os pisos residenciais de diferentes tipologias. As varandas, neste caso, também foram pensadas para dar uma variedade na composição das fachadas. O bloco comercial em conjunto com o de garagem foi deslocado para ter contato direto com a via, o que minimizou a compatibilização da estrutura entre as duas partes do edifício.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto 4 – CAU/UFRN

## Projeto 10

O Projeto 10 foi individual e foi importante perceber que a aluna teve muitas dificuldades de concepção ao longo do semestre. Seguindo seu terreno, o edifício tem uma característica mais alongada, o que interfere no índice de compacidade e na resistência lateral. Sua estrutura também seguiu a definição dos ambientes da planta baixa do tipo. O uso do pórtico também foi o sistema estrutural escolhido, e os elementos aparentemente estão subdimensionados pela quantidade de pavimentos da proposta. A compatibilização com os andares de garagem também foi um desafio neste caso, uma vez que os pilares que seguiram até a cobertura foram locados mais próximos.



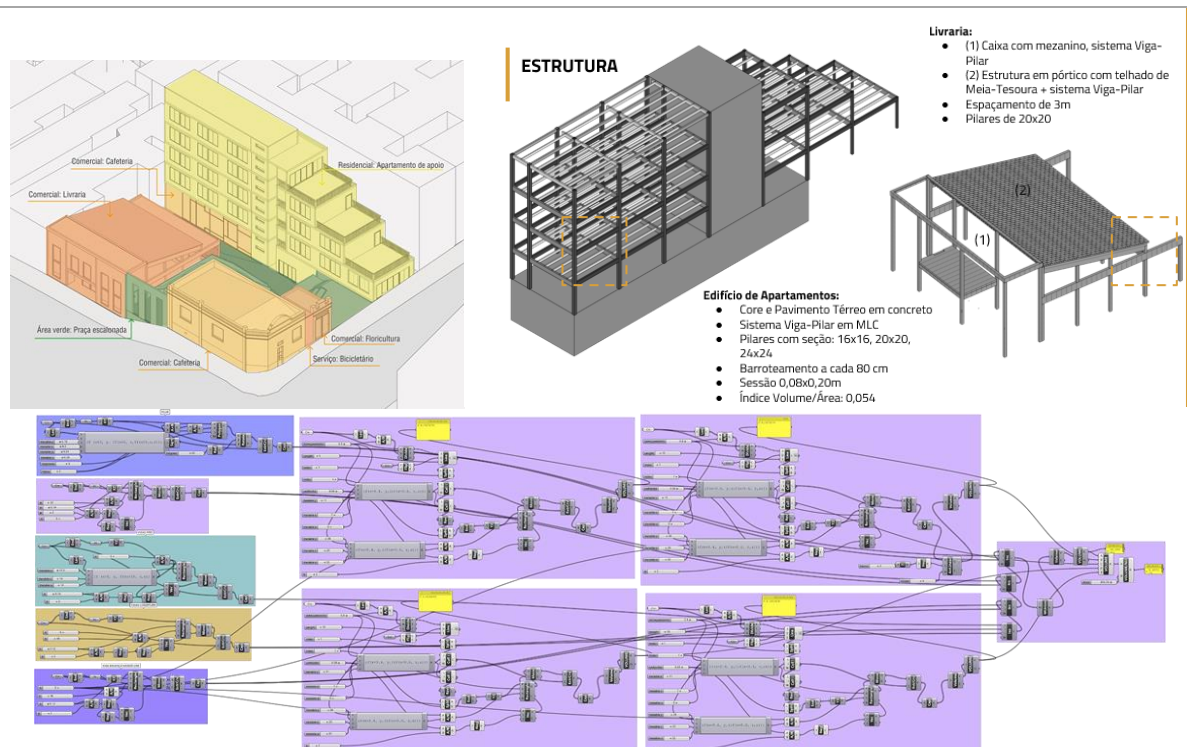
Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto 4 – CAU/UFRN

## Apêndice IV – Análise dos Projetos da disciplina da UNICAMP

A seguir, as Análises dos 13 projetos entregues na disciplina de Projeto IX do CAU/UNICAMP:

### Projeto 1

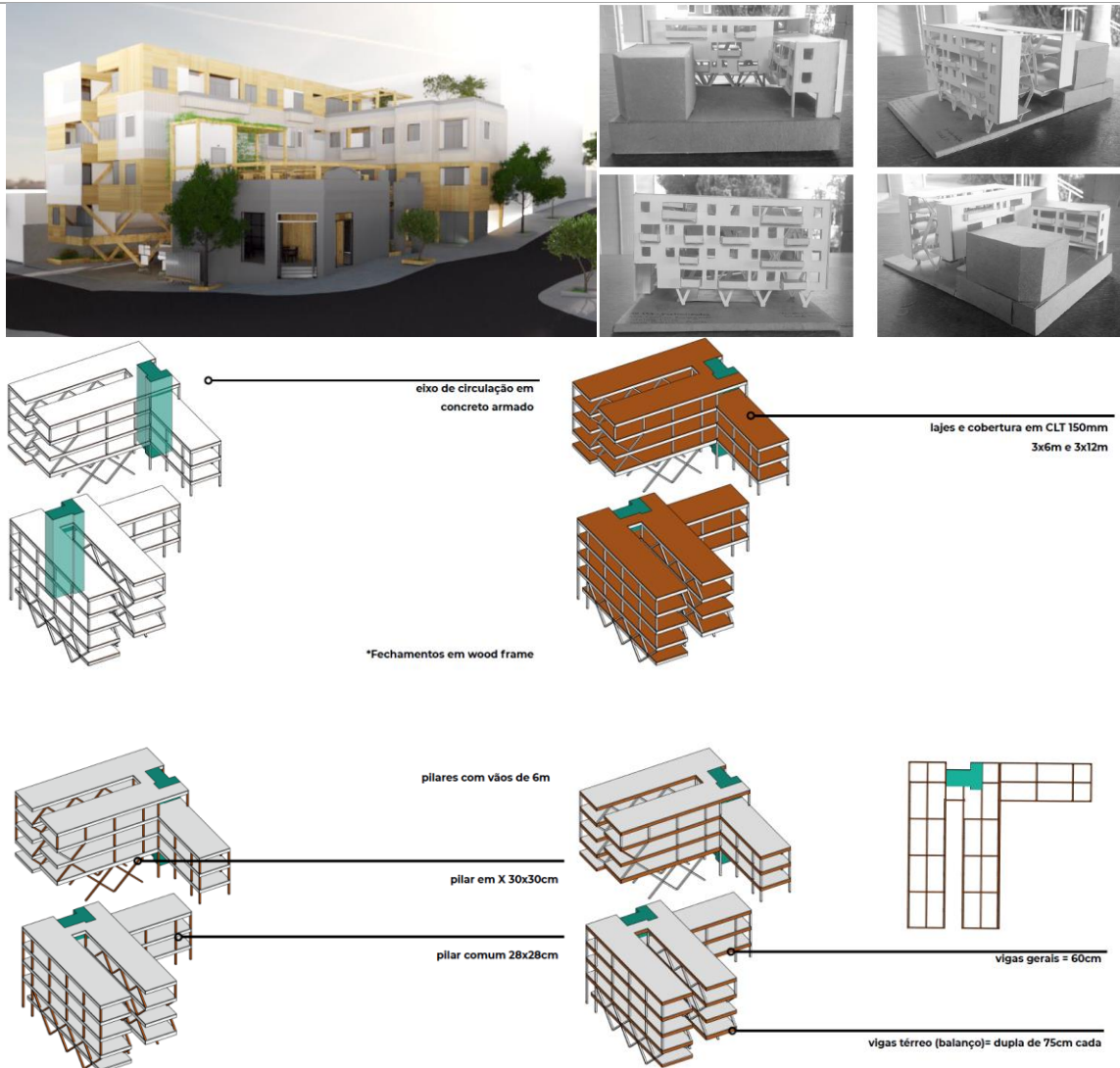
Com um programa misto, residencial e comercial, este primeiro projeto inseriu um edifício de cinco pavimentos na Vila Industrial em um terreno de esquina com um desnível acentuado de uma rua para a outra e cuja lateral direita apresentava uma grande empena cega do edifício vizinho. Considerando as análises de ventilação, iluminação e radiação realizadas pelo grupo, a proposta seguiu como resposta a estes dois problemas iniciais e a o prédio de esquina existente que elas procuraram manter. Neste caso, a estrutura seguiu de maneira mais tradicional considerando o sistema pilar e viga em madeira, e sua fachada revestida de alvenaria, visando buscar uma aparência que interagisse com o entorno. Entende-se que com esse modelo, a equipe pensou numa lógica estrutural do pórtico, em que as forças são transmitidas dos elementos horizontais para os verticais até o solo. De todo modo, o sistema estrutural adotado é facilmente identificado nas plantas dos dois prédios, escondida no edifício vertical e mais aparente na livraria, no qual ele foi revestido com outro com outro material. É interessante observar que o grupo utilizou da planilha apresentada pelo PEV e fez uma maquete virtual da estrutura a partir da modelagem paramétrica, o que pode ter conduzido a um pensamento mais rígido destes componentes no processo de projeto.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

## Projeto 2

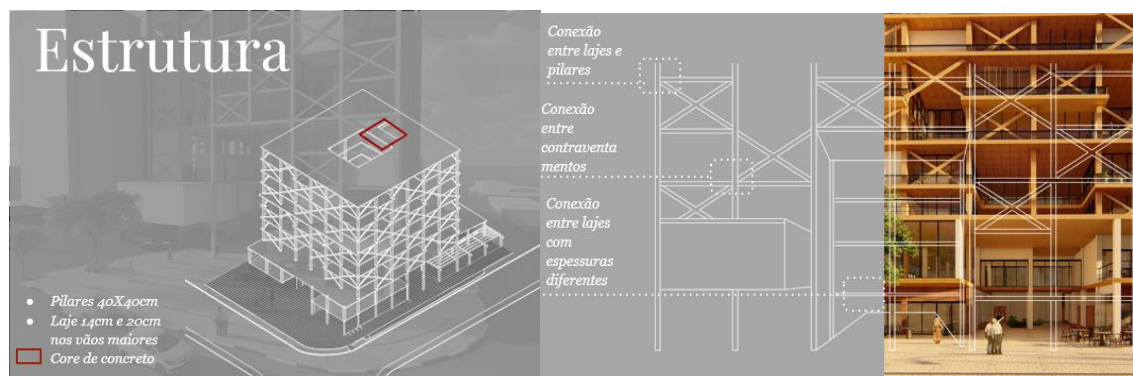
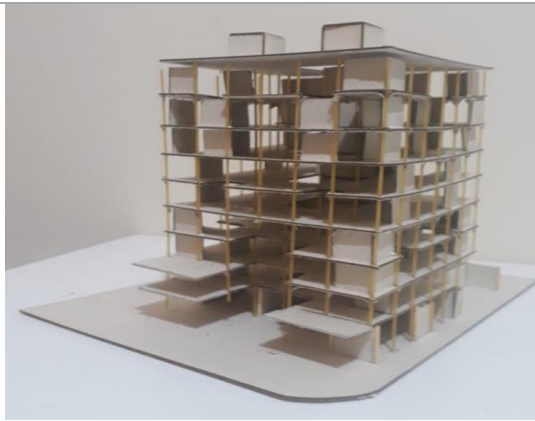
O projeto está localizado no mesmo terreno que o anterior, porém com o acréscimo de dois terrenos vizinhos (reparar no prédio de esquina preservado) sendo assim, também lidou com o problema do desnível entre as vias, mas não com as empenas cegas dos edifícios do entorno. Neste trabalho percebe-se que houve uma maior preocupação com o sistema estrutural, em especial por conta da liberação do térreo e de uma busca por uma modelo mais arrojado, com pilares cruzados. Os elementos de suporte são identificados com facilidade nas plantas e a equipe também os representou em uma maquete virtual. A lógica estrutural segue o fundamento do pórtico, mas foi em alguns pontos mudada com os pilares em “V”, o que levou os estudantes a pensarem como unir os elementos verticais, horizontais e na diagonal para assim, visualizar como os esforços deveriam chegar ao solo, levando em consideração também o detalhe da fundação em concreto armado com a interseção das peças em madeira. Estes pilares na diagonal também foram inseridos em algumas fachadas, o que proporcionou no átrio do prédio residencial (circulação) uma fachada diferente, o que foi positivo para o conjunto do edifício.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

### Projeto 3

A equipe do Projeto 3 teve a ideia de usar lajes em CLT sem vigas para deixar a fachada mais livre e, como em vários outros projetos, o térreo e o primeiro andar são em concreto armado para proteção da madeira da umidade do terreno. Nesse caso, optou-se pela estrutura em madeira aparente, o que vai de encontro ao sugerido em sala de aula por causa do alto custo de manutenção. Sua lógica estrutural foi utilizar pilar e laje plana, entretanto, a altura do edifício e as dimensões dos vãos levou a equipe a colocar peças de contraventamento, por orientação do PEV, e a partir daí começaram a utilizá-las como forma de expressão do edifício, o que suscitou nesses elementos alternados nas fachadas. Os pilares estão presentes nas plantas baixas do projeto e seguem uma modulação quadrada de 5x5m, além disso nele está indicado o sistema construtivo com lajes maciças de madeira para cumprir o papel de sustentação das vigas inexistentes e ainda, a inserção de um “core” de concreto armado como suporte para as cargas horizontais. Percebe-se também nesse projeto a intenção de liberar o térreo, o que resultou em um balanço na cobertura em parte da área comercial, adicionando uma dificuldade do ponto de vista da concepção estrutural para as alunas.

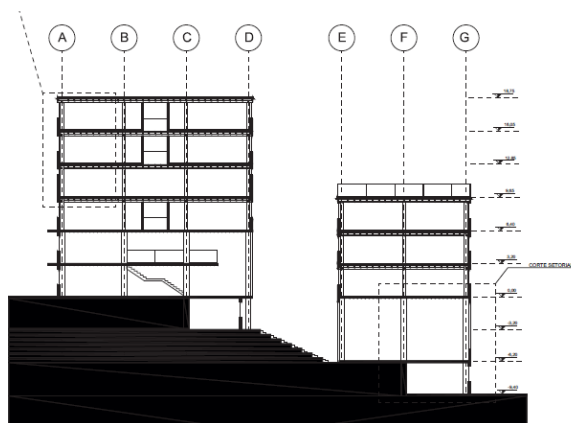
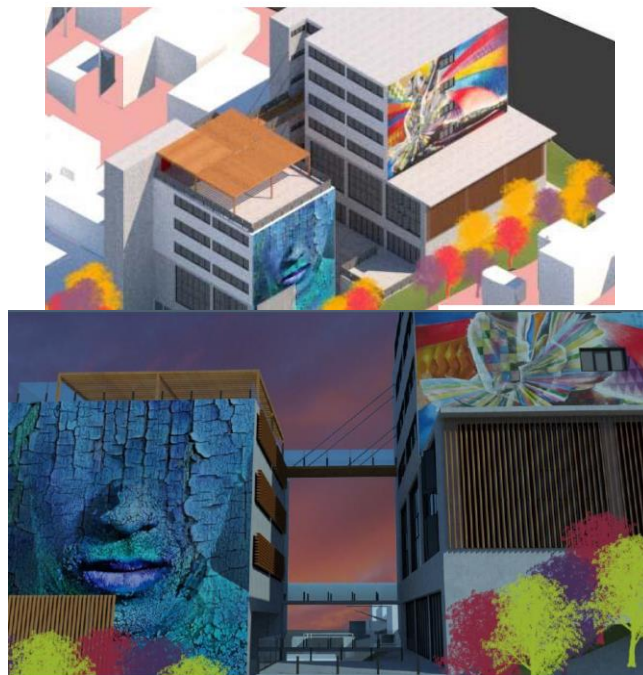


Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

## Projeto 4

Visualizando o desenho geral do edifício do ponto de vista estrutural, percebe-se que ele não se trata de um edifício totalmente em madeira, apenas os três pavimentos superiores, o que também não é aparente olhando a fachada. Nesse trabalho, os elementos estruturais também são facilmente percebidos nas plantas baixas e demais desenhos. De certo modo, pode-se afirmar que comparando aos demais projetos, o trabalho não pode ser considerado como um edifício totalmente pensado em madeira, não havendo nem mesmo um apelo estético para esta característica, pois olhando para a fachada não é possível distinguir os tipos de materiais construtivos, com exceção ao terraço coberto no último pavimento. Por outro lado, vê-se uma preocupação com esse material construtivo quando se observa a passarela que conecta os dois blocos, a qual, devido suas dimensões, tem um tirante metálico de suporte. O sistema com pilares e laje CLT aplicado está apoiado na área de circulação que acompanha toda a parte do edifício na fachada posterior, fazendo o papel do “core” de concreto armado.

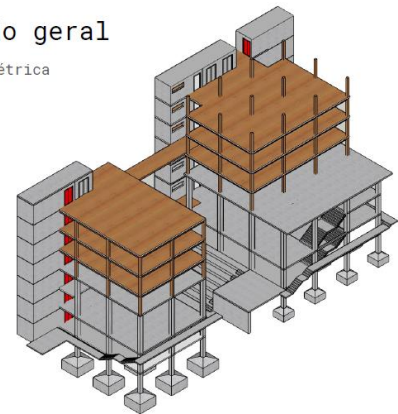
### escola vertical de artes



### articulação geral

perspectiva isométrica

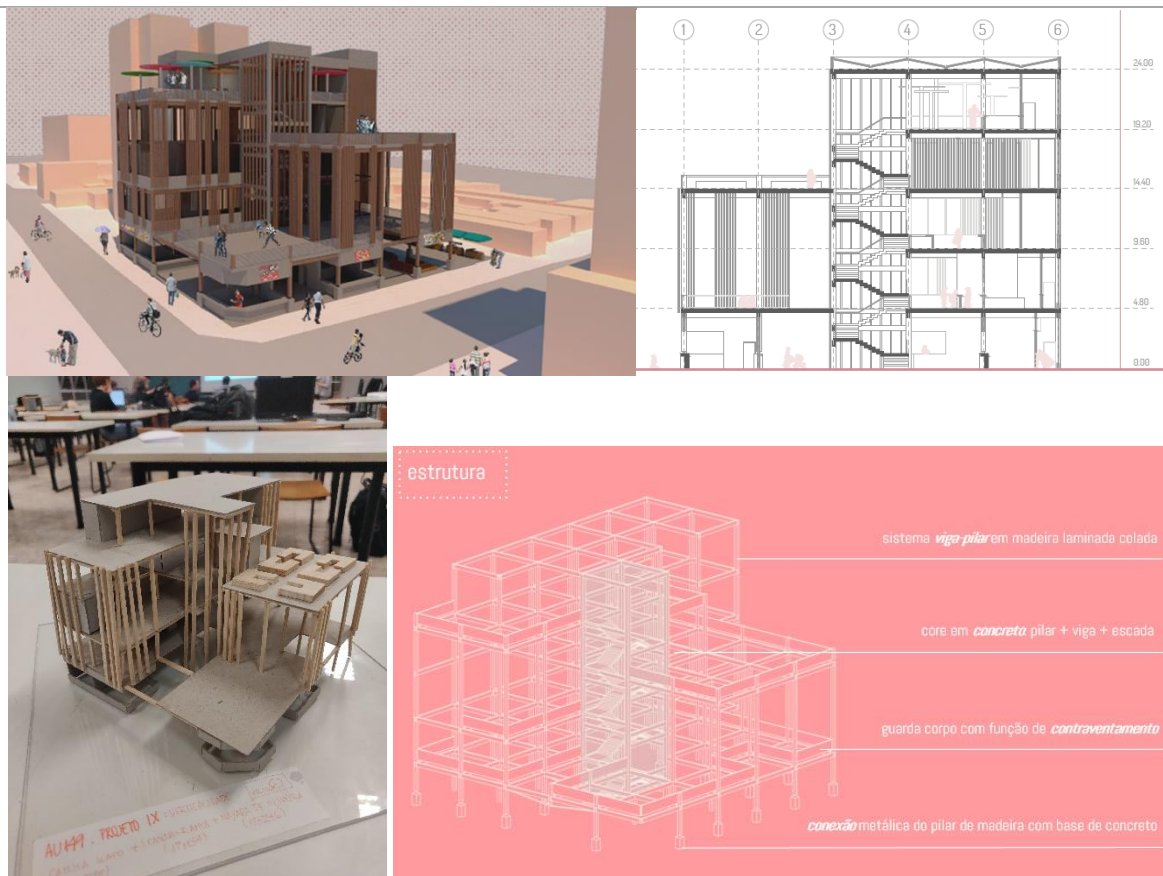
lajes CLT



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

## Projeto 5

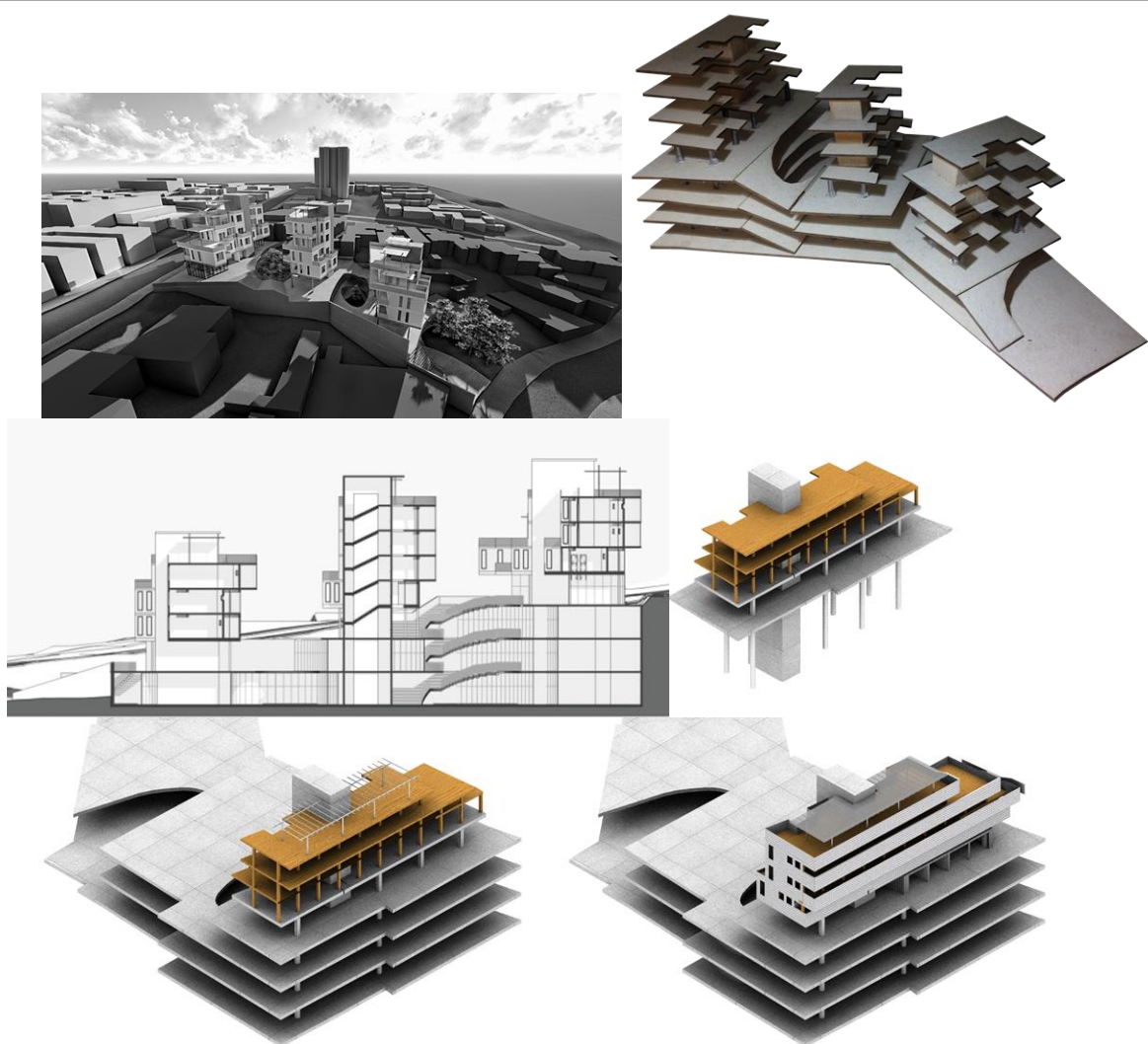
A madeira como elemento estrutural está presente na maior parte do edifício, sendo apenas a fundação e parte do primeiro pavimento em concreto armado, além do núcleo de circulação vertical, o que mostra uma preocupação com o material proposto pela disciplina. Utilizou o sistema viga e pilar, porém, fez uso também dos vários guarda-corpos do projeto como elemento de travamento da estrutura, principalmente nos locais com pé direito duplo. Com um programa diferente do que visto em edifícios altos, com um comércio, uma horta e um bar/restaurante, este projeto brincou com os pisos, porque, a exceção do núcleo de circulação, não há repetição dos pavimentos e a criação de vários terraços exigiu a produção de plantas baixas diferentes para cada andar. Este é um caso do uso de um sistema estrutural com uma abordagem mais arrojada, porque trata-se de pilares e vigas em um grid, mas com variações de altura entre os pavimentos o que resulta numa fachada mais dinâmica. Considera-se sua maior dificuldade estrutural a resolução dos encontros dos elementos estruturais e o travamento dos pilares dos espaços com maior pé-direito.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

## Projeto 6

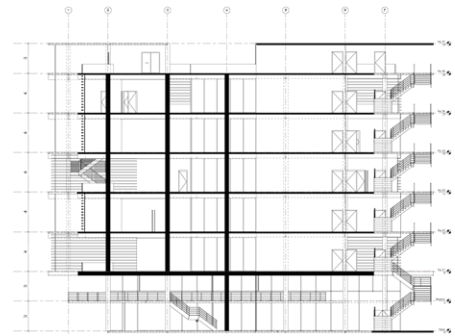
É compreensível que os pavimentos inferiores sejam em concreto armado pois estão em contato direto com o solo, o que não é apropriado para estruturas em madeira. A complexidade do formato e desnível do terreno deste projeto também pode ter sido um condicionante dessa escolha, já que os estudantes estão mais acostumados com esse sistema estrutural. Nesse sentido, apenas uma parte do edifício foi concebida com a madeira e, semelhante ao Projeto 4, a solução ficou um pouco fora do contexto proposto pela disciplina. Utilizaram nos pavimentos superiores a lógica do pilar e da laje plana, com alguns espaços em balanço, e em todos os blocos a existência de um núcleo de concreto para circulação vertical que serve também como atuantes contra a força do vento no edifício, já que se trata de um ponto mais alto do bairro irá receber mais esforços horizontais. Apesar do pouco uso da madeira, se visualizarmos o edifício como um todo, os balanços deram uma leveza para o projeto, e com os revestimentos o conjunto ficou harmonioso.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

## Projeto 7

Com um terreno mais livre, plano e próximo de uma praça, o projeto utilizou a madeira de modo mais aparente, também utilizando pilar e laje CLT com vigas no térreo, que possui um balanço como cobertura para a área comercial. Acredita-se que a concepção estrutural nesse caso foi condicionada quase exclusivamente pelos espaços criados no edifício, porém houve uma preocupação com a escada irresistível e em recuar os pilares, para dar maior leveza a fachada que tem a proposta de um revestimento translúcido, seguindo a ideia do Tamedia de Shigeru Ban. Esses pontos foram chave no projeto, porém não houve dificuldade na concepção estrutural do ponto de vista do caminho das forças até o solo, como outros projetos.



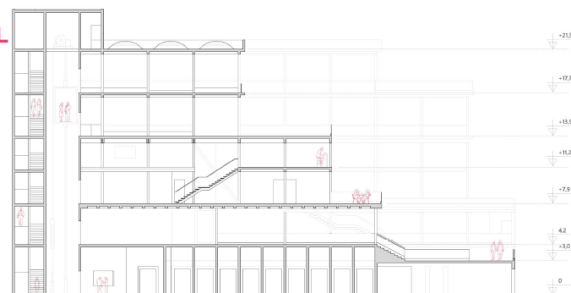
Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

## Projeto 8

O projeto caracteriza-se também por uma variação de níveis, como o Projeto 5, e tem também a semelhança das duas propostas terem uma horta urbana dentro do edifício. A grande diferença é que neste projeto foi proposto também uma casa de baile e restaurante, que exigiu um olhar mais atento a estrutura. Nesse caso, a laje do piso em concreto armado com laje nervurada e a viga vagon para o teto que foi a resposta para encaminhar as cargas dos andares superiores para os pilares e vigas inferiores. Os pavimentos treliçados serviram para reforçar o travamento dos pilares tiveram uma altura maior e os pavimentos treliçados serviram para estruturar as fachadas dos andares com altura dupla. O uso do núcleo de concreto mais uma vez foi utilizado como envoltório para a circulação vertical e como estrutura auxiliar para as cargas horizontais do edifício, assim como os primeiros andares em concreto armado como maneira de separa o MLC do solo e da umidade.



### CORTE LONGITUDINAL



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

## Projeto 9

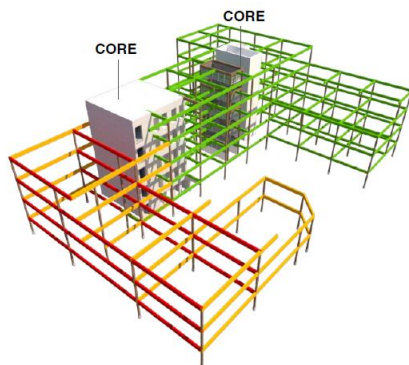
O projeto usou uma modulação que não seguiu os o perímetro do terreno, sendo um pouco inclinada, o que foi proposta em decorrência da entrada principal para a praça. Neste caso, usou o sistema de pórtico com pilares e vigas em todo o edifício, no qual percebe-se que seu maior desafio da concepção da estrutura foi resolver a transferência das cargas de um pilar que nasce no primeiro andar, sem uma continuidade vertical, o que foi resolvido com uma viga de transição robusta também em madeira. O projeto também contou com o pavimento térreo e dois núcleos em concreto, onde localiza-se os elementos de circulação vertical. Seu programa era misto, comercial e artes no térreo, empresarial e residencial nos pavimentos superiores, o que deu um aspecto mais fechado ao edifício quando comparados aos demais projetos, o que tentou-se minimizar com a abertura dos pavimentos.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

## Projeto 10

A estrutura do Projeto 10 seguiu dois tipos de modulação, basicamente uma em cada bloco do edifício. Os núcleos com escadas e elevadores, a fundação e uma pequena parte dos pilares do térreo foram pensados em concreto armado para proteção da estrutura em madeira. A proposta foi concebida com pilares e vigas que seguiram a modulação, tendo como dificuldade principal a grande abertura da entrada com 12m de vão para a área de pátio no interior do terreno, que foi resolvida com uma viga em MLC mais alta que as demais (esquema da estrutura, vigas em vermelho). Considerou-se a estrutura aparente com alguns fechamentos translúcidos ou também em madeira.



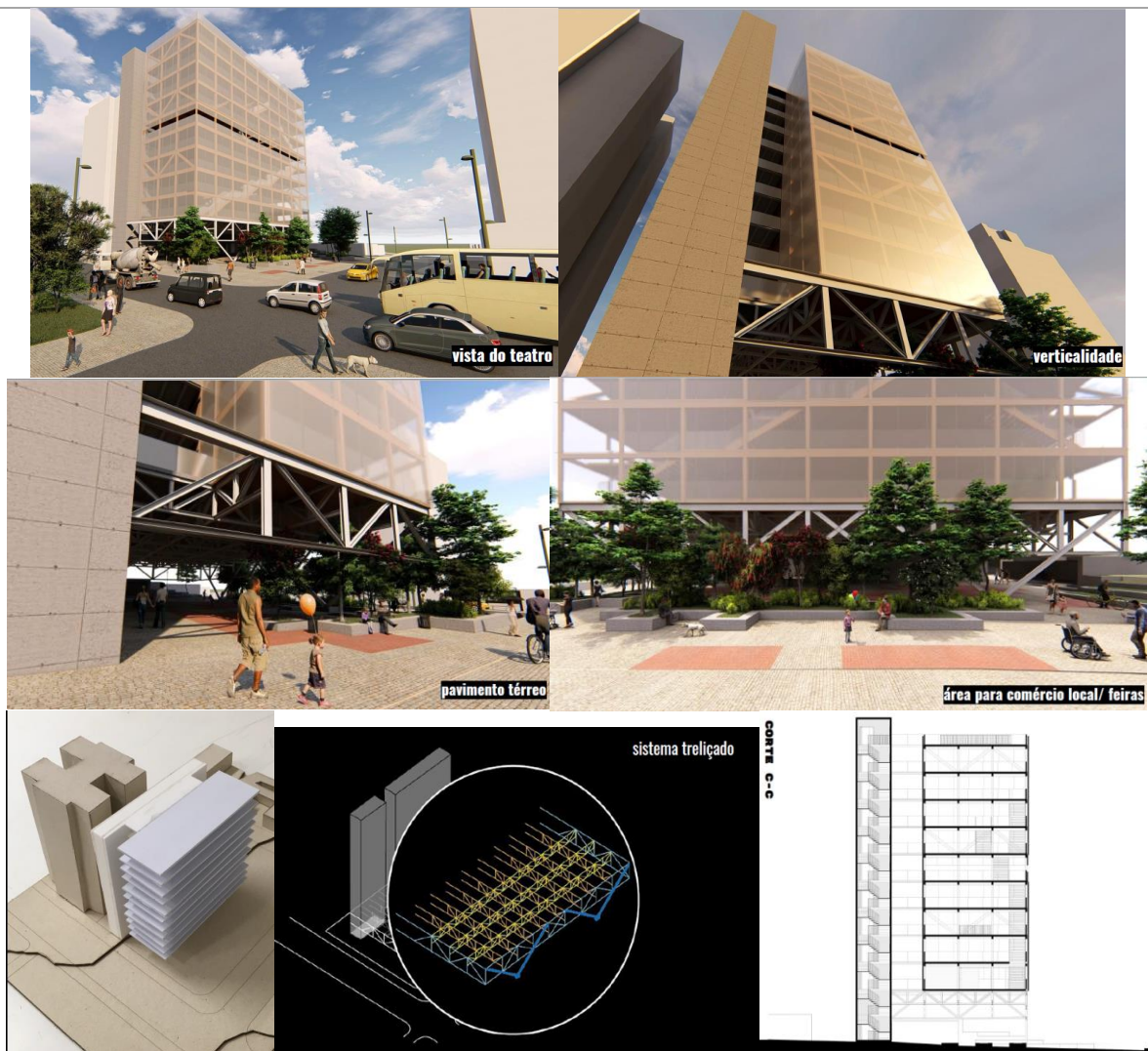
- **GRID DE 6X6m**  
Viga de espessura 35cm  
H = 6/17 = aprox. 0,35m
- **GRID DE 9X19m**  
Viga de espessura 55cm  
H = 9/17 = aprox. 0,5m
- **GRID DE 12X12m**  
Viga de espessura 70cm  
H = 12/17 = aprox. 0,70m



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

## Projeto 11

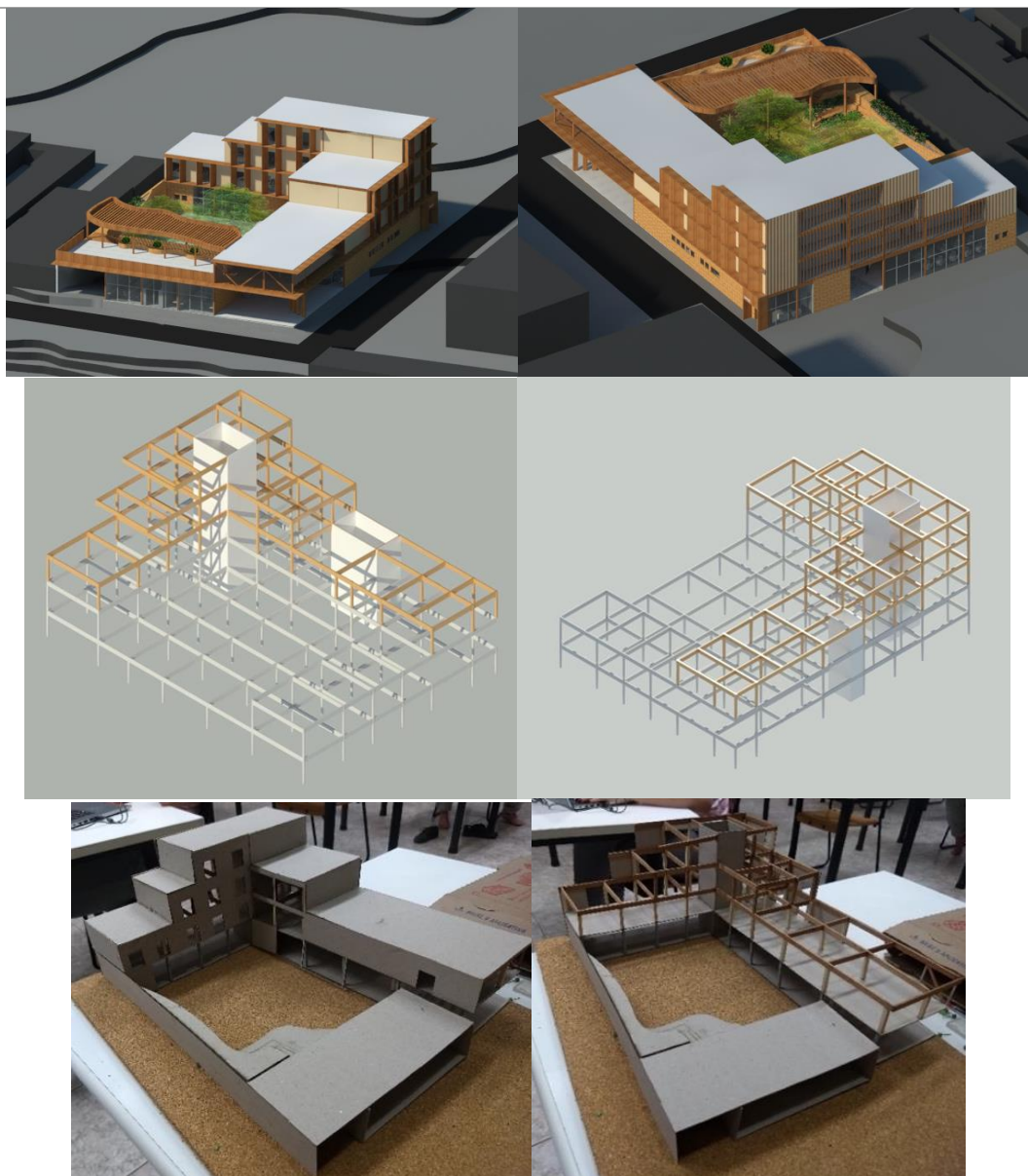
Neste projeto, devido à localização do terreno, a equipe conseguiu verticalizar mais o edifício o que também estava em concordância com os prédios do entorno. Para liberar mais o térreo e integrar com a praça a frente, foi proposto uma mistura de materiais: bloco de circulação vertical em concreto armado, térreo em estrutura metálica e corpo do edifício em madeira laminada colada, com um revestimento translúcido na fachada. O grupo teve um maior cuidado na concepção da estrutura do térreo, já que ele receberia o peso de todos os nove andares superiores. Sobre estabilidade lateral, pode-se observar que também utilizaram um bloco lateral de concreto e fachada contraventada em “x” em madeira ao longo do edifício. Percebe-se um pensamento mais a fundo na estrutura, já que foi necessário encaixar os dois sistemas e materiais para levar as forças para a fundação, liberando o pátio e, também mantendo a verticalidade, o que sucedeu uma boa solução a partir da junção da madeira com a estrutura metálica (vigas treliçadas).



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

## Projeto 12

Como em alguns trabalhos analisados anteriormente, o Projeto 12 contemplou a estrutura de madeira apenas nos pavimentos superiores e usou o núcleo de concreto. Não sendo um prédio tão vertical, a equipe não precisou se preocupar com o travamento lateral. Para liberar a esquina do terreno, o grupo propôs uma viga treliçada que correspondia a fachada do primeiro pavimento, e considerou os pilares no sentido diagonal, como se convidasse entrar no pátio interno do edifício. A exceção desse desafio, pode-se afirmar que não houve uma intensa concepção da estrutura nesse caso, seguindo mais uma vez os exemplos apresentados em sala de aula pelo PEV, com o uso do sistema viga e pilar em MLC. A estrutura é facilmente identificada do projeto, no entanto com apenas um pequeno apelo estético nesse sentido, e comparando com outros projetos, se mudarmos as cores nos esquemas onde aparecem os elementos estruturais praticamente não haverá diferença entre os materiais.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

## Projeto 13

É possível afirmar que o Projeto 13, diferente de todos os outros, apresentou uma concepção estrutural acentuada. Primeiro por conta da entrada curva e amplas, sem pilares até o chão, segundo por se tratar de um prédio vertical de médio porte que “senta” nessa cobertura convidativa do térreo. O jogo de transmissões das cargas até o solo não é uma leitura simplificada neste projeto. As peças foram pensadas de modo a compensarem, tanto a área sem apoios verticais da entrada, como no meio do edifício, onde há uma escada que integra os pavimentos. Seu programa contempla uma construção para um “Centro de Pertencimento da Juventude”, com atendimentos especializados e de apoio para jovens. O uso do núcleo de concreto, com escada e elevador obedeceu a legislação de combate a incêndio, e para estabilizar as peças de madeira e viga treliçada nos dois primeiros andares, reforçadas para suportar as cargas dos andares superiores, além de vencer o vão no térreo. Os elementos estruturais foram pensados em MLC, assim como as vigas/pilares curvas em “V” no térreo, que seguem a sequência curva do vão aberto e que tem uma função importante de levar a maior das cargas ao solo. A junção dos desafios estruturais deste projeto indica que os estudantes conceberam a estrutura em conjunto com a arquitetura e apresentaram um projeto diferenciado ao final da disciplina do ponto de vista estrutural. Compreende-se que a complexidade do projeto pode ter dificultado a produção do modelo físico além do tempo disponível para sua produção ao final do semestre, no entanto o grupo representou bem a ideia do projeto virtualmente.



Fonte: Trabalho dos estudantes de Projeto IX – CAU/UNICAMP.

## Apêndice V – Lista de materiais da Oficina na UFRN

Tabela dos materiais e ferramentas fornecidos para a Oficina de Concepção Estrutural

– UFRN:

<i>CAIXA COM MATERIAIS E FERRAMENTAS POR GRUPO</i>	
<i>ITEM (dimensões - mm)</i>	<i>QUANTIDADE</i>
<i>Lápis grafite</i>	5
<i>Papel A4</i>	20
<i>Palito de picolé (120x2x7,5mm)</i>	100
<i>Vareta de bambu (200x4x4mm)</i>	100
<i>Palito de churrasco (295x3x3mm)</i>	90
<i>Abraçadeira de plástico (150x3x1mm)</i>	100
<i>Cola de Silicone</i>	1 tubo
<i>Fita crepe</i>	1
<i>Elástico de borracha (liga) – pacote</i>	50
<i>Prendedor de papel (binder clip)</i>	26
<i>Cordão de nylon</i>	1,5m
<i>Uma folha de papel paraná (1000x8000mm)</i>	1
<i>Tesoura grande</i>	1
<i>Tesoura pequena</i>	1
<i>Estilete grande</i>	1
<i>Estilete pequeno</i>	1
<i>Régua de metal de 50cm</i>	1
<i>FERRAMENTAS DE USO COLETIVO</i>	
<i>ITEM</i>	<i>QUANTIDADE</i>
<i>Martelo</i>	1
<i>Pregos</i>	50
<i>Alfinetes</i>	1 caixa com 1000
<i>Pistola de cola quente</i>	1
<i>Refil de silicone (1 por grupo)</i>	5
<i>Fita Silver Tape</i>	1
<i>Fita de empacotamento</i>	2
<i>Fita crepe</i>	1
<i>Grampeador</i>	1
<i>Tesoura grande</i>	1
<i>Estiletes</i>	3
<i>Cordão de algodão</i>	1 rolo
<i>Alicates pequenos</i>	3
<i>Trena</i>	1
<i>Cola de silicone</i>	1
<i>Cola de isopor</i>	1
<i>Cola branca</i>	1
<i>Arame galvanizado 38m Ø2,10mm</i>	1

## Apêndice VI – Fotos dos materiais da Oficina na UFRN

Fotos dos materiais fornecidos para a fabricação do modelo físico e da balança portátil  
(Fonte: Fotos da autora).

