

## Práticas didático-pedagógicas para o ensino de sistemas estruturais integrados ao projeto arquitetônico

*Didactic and pedagogical practices for integrated teaching structural systems to architectural design*

*Prácticas didácticas y pedagógicas para la enseñanza integrada de sistemas estructurales y diseño arquitectónico*

MACIEL, Marcela Alvares

Doutora em Engenharia Mecânica, Universidade Federal da Fronteira Sul, [marcela.maciел@uffs.edu.br](mailto:marcela.maciел@uffs.edu.br)

SOUZA, Kauê Lima

Graduando em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Fronteira Sul, [kauelsouza@gmail.com](mailto:kauelsouza@gmail.com)

MODLER, Nébora Lazzaroto

Mestre em Engenharia Civil, Universidade Federal da Fronteira Sul, [nebora.modler@uffs.edu.br](mailto:nebora.modler@uffs.edu.br)

### RESUMO

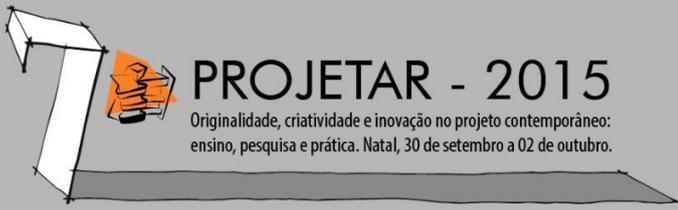
O desenvolvimento de atividades práticas para a compreensão de sistemas estruturais é uma estratégia não raramente adotada para o ensino de estruturas. Entretanto, para estudantes de arquitetura, essas práticas ainda carecem de uma abordagem aplicada ao projeto arquitetônico. Assim, a proposta de integração do ensino de sistemas estruturais ao projeto arquitetônico pressupõe a necessidade de atividades temáticas teórico-práticas associadas ao processo de projeto. Para tanto, foi adotada como referência temática a classificação de sistemas estruturais proposta por Engel (1993), sendo: massa ativa, vetor ativo, forma ativa e superfície ativa. Como principais resultados, apresentam-se as atividades norteadoras das práticas didático-pedagógicas na disciplina Projeto Arquitetônico e Sistemas Estruturais e seus respectivos resultados. Portanto, as atividades práticas temáticas permitiram a compreensão das interfaces entre o projeto arquitetônico e o sistema estrutural em termos de expressão plástica, modulação, e estabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Projeto Arquitetônico; Estrutura Aparente; Tectonicidade; Experimentação.

### ABSTRACT

*The development of practical activities to understand structural systems is usually adopted as a strategy for structural teaching. However, for architecture students, these practices still lack an applied approach to architectural design. Thus, the proposed integration of structural systems teaching and architectural design implies the need for theoretical and practical thematic activities associated with the design process. Thus, it was adopted as framework reference the classification of structural systems proposed by Engel (1993), as follows: active mass, active vector, active form and active surface. The main results present the guiding activities for didactic and pedagogical practices. Therefore, the thematic practical activities allowed the understanding of the interfaces between the architectural design and structural system in terms of artistic expression, modulation, and stability.*

**KEY-WORDS:** Architectural Design; Apparent structure; Tectonic; Experimentation.



## **RESUMEN**

*El desarrollo de actividades prácticas para la comprensión de los sistemas estructurales se adopta con frecuencia como estrategia de los sistemas educativos. Sin embargo, para los estudiantes de arquitectura, estas prácticas aún carecen de un enfoque aplicado al diseño arquitectónico. Por lo tanto, la propuesta de integrar la enseñanza de los sistemas estructurales a del diseño arquitectónico implica la necesidad de actividades temáticas teóricas y prácticas asociadas con el proceso de diseño. Por lo tanto, se adoptó como marco de referencia la clasificación de los sistemas estructurales propuestas por Engel(1993), como sigue: masa activa, vector activo, forma activa y la superficie activa. Los principales resultados se presentan como las actividades de guía de prácticas didácticas y pedagógicas em la disciplina arquitectónica y estructural de diseño de sistemas y sus respectivos resultados. Por lo tanto, las actividades prácticas temáticas permitieron la comprensión de las interfaces entre el diseño arquitectónico y estructural del sistema em términos de la expresión artística, la modulación y la estabilidad.*

**PALABRAS-CLAVE:** *Diseño arquitectonico; Estructura aparente; Tectonicidade; Experimentación.*

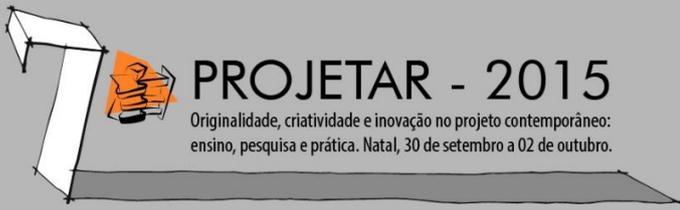
## **1. INTRODUÇÃO**

A relevância e os métodos de ensino de estruturas nas escolas de arquitetura do Brasil, bem como o processo de formação do arquiteto em tecnologias de práticas construtivas são amplamente discutidos no meio acadêmico (LEITE, 2005; MINTO, 2009; SARAMAGO, 2011). Saramago (2011) destaca a importância da compreensão das estruturas para o processo de concepção arquitetônica: “Arquitetura e estrutura são indissociáveis [...] Saber como funcionam as estruturas não só faz parte das atribuições legais de arquitetos e urbanistas, mas também é condição necessária para que possam desempenhar suas funções com liberdade”. Tal compreensão do comportamento dos sistemas estruturais deve, portanto, participar da formação do profissional, para que os estudantes e, por conseguinte, os profissionais, desenvolvam um “raciocínio estrutural”.

De acordo com Torroja (1960, apud DUARTE, 2010), a concepção estrutural deve, necessariamente, estabelecer a conexão entre processos técnicos e artísticos. Para ele, a concepção estrutural é fruto do processo criativo, e que a mesma pertence a uma etapa do processo de planejamento arquitetônico anterior ao cálculo que quantifica a estrutura.

Conforme Rebello (2006, apud DUARTE, 2010) “a criação de uma forma implica a criação de uma estrutura. A estrutura e a forma, ou a estrutura e a arquitetura são um só objeto e, sendo assim, conceber uma implica conceber a outra”. Independentemente da sua forma arquitetônica, o que realmente importa, nesse caso, é o grau no qual a estrutura contribui para a concretização das aspirações do projeto de arquitetura.

Nesse contexto a interlocução harmônica entre projeto e construção, entre forma arquitetônica e forma construtiva é atributo de arquitetura de qualidade, dotada de tectonicidade. Contudo, no processo de projeto é lugar-comum a separação entre as formas arquitetura e estrutural. De maneira



geral, a realidade da maior parte da prática de projeto arquitetônico, na academia e na profissão, é que a estrutura raramente gera a forma arquitetônica.

Tal dissociação tem origem no ensino de estruturas que, em sua grande maioria, apresentam metodologias pouco adequadas, que não atingem os níveis de aprendizado esperado, nem tão pouco esclarecem questões relacionadas a conceitos básicos sobre o assunto estruturas. (OLIVEIRA, 2008).

Leite (2005) alerta para a desvalorização da formação tecnológica frente à formação teórica projetual. Segundo Lopes (2014), há uma “atrofia da relação do estudante e do profissional, por conseguinte, com a produção material da arquitetura, com sua dimensão tecnológica e tectônica [...] é notória a recalcitrante fragilidade dos recém-formados no trato das questões tecnológicas, insuficiência no domínio das práticas construtivas ou até mesmo relativas à interlocução entre projeto e construção.”

Contudo, a contemplação da abordagem tecnológica nos planos pedagógicos dos cursos de arquitetura não implica necessariamente em aumento de carga horária ou criação de novos componentes curriculares. Qualificar a metodologia com que se ensina é mais eficiente do que agregar quantidade aos conteúdos, é nesse sentido, que estudiosos de educação em arquitetura têm valorizado as práticas didáticas nos processos de ensino-aprendizagem. (LEITE, 2005).

No Projeto Pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Fronteira Sul a organização curricular dos semestres privilegia a integração horizontal de componentes curriculares nas disciplinas de projeto arquitetônico através de ênfases. Temos assim, no caso do quarto semestre, a ênfase na estrutura e a proposição dos seguintes componentes curriculares: História da Técnica, Canteiro Experimental I, Introdução a Análise de Estruturas e Projeto Arquitetônico e os Sistemas Estruturais (PASE).

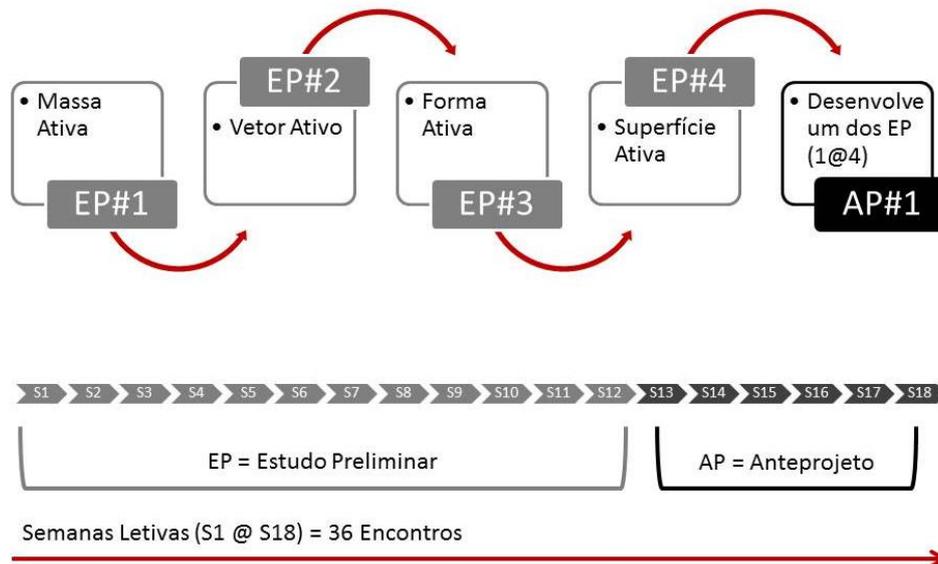
O componente curricular PASE apresenta como objetivo geral proporcionar a análise e aplicação de diferentes sistemas estruturais no projeto arquitetônico, incluindo pré-dimensionamentos e compreensão das solicitações às quais estão submetidos os sistemas estruturais e a utilização de modulação na concepção do projeto. Destaca-se ainda como objetivo específico deste componente curricular, exercitar a relação entre composição arquitetônica e os diferentes sistemas estruturais no processo de projeto arquitetônico, envolvendo pesquisa, concepção, partido geral e desenvolvimento das fases projetuais de estudo preliminar até o nível de detalhe construtivo.

Assim, no presente trabalho apresentam-se as práticas didático-pedagógicas da componente curricular PASE, com o objetivo de explorar o potencial tectônico do sistema estrutural na concepção do partido arquitetônico.

## 2. MÉTODO

Para a exploração do potencial tectônico do sistema estrutural, a estruturação didático-pedagógica do componente curricular PASE foi baseada na classificação dos sistemas estruturais puros proposta por Engel (1993), sendo: massa ativa, vetor ativo, forma ativa e superfície ativa. Assim, o plano de ensino da componente curricular PASE adotou como referência o desenvolvimento de quatro estudos preliminares em cada um dos sistemas estruturais puros, a saber, massa ativa, vetor ativo, superfície ativa e forma ativa. Nesse contexto, temos a proposição da organização da componente em cinco módulos, equivalente ao desenvolvimento de cada um dos estudos preliminares e um último módulo para o desenvolvimento do anteprojeto de um dos sistemas estruturais puros.

Figura 1 – Método de ensino de sistemas estruturais integrado ao projeto arquitetônico



Cada módulo de estudo preliminar era composto por uma aula teórica integrada a atividades práticas, aulas de assessoramento individual e uma aula final de assessoramento coletivo para apresentação do estudo preliminar desenvolvido. As práticas didático-pedagógicas norteadoras do processo de ensino-aprendizagem de sistemas estruturais integrados ao projeto arquitetônico foram experimentação em maquetes estruturais qualitativas, projeto relâmpago para diferentes sistemas

estruturais, estimativa volumétrica de elementos estruturais utilizando ábacos e exercícios de representação gráfica de formas estruturais complexas.

Assim, em cada um desses módulos, os discentes apresentaram estudos preliminares de partido e setorização acompanhadas de estimativa volumétrica dos elementos estruturais (pilares, vigas, lajes, entre outros) utilizando ábacos de Rebello (2000), maquetes do partido estrutural, lançamento da estrutura através de planta de fôrmas e/ou esquemas estruturais. O módulo final para desenvolvimento do anteprojeto era composto por dez assessoramentos individuais, com ênfase no detalhamento construtivo do sistema estrutural proposto. A seleção do sistema estrutural para desenvolvimento do anteprojeto foi realizado a partir da realização de análises de padrões estruturais para todos os estudos preliminares desenvolvidos em termos de simetria, hierarquia, ritmo e dado, de conformidade com Ching (1998).

A proposta de tema de projeto para Biblioteca Pública Municipal contava com programa arquitetônico que prescrevia setor de acervo adulto e infanto-juvenil, sala do patrono, salas de estudo individuais e coletivas, laboratório de restauro e catalogação, depósito, setor administrativo, café, auditório e praça coberta. Pretendia-se assim o exercício projetual para diferentes aspectos do aprendizado em estruturas, tais como cobertura de grandes vãos (praça coberta), modulação (acervo com possibilidade de expansão futura) e liberação de grandes vãos (auditório).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

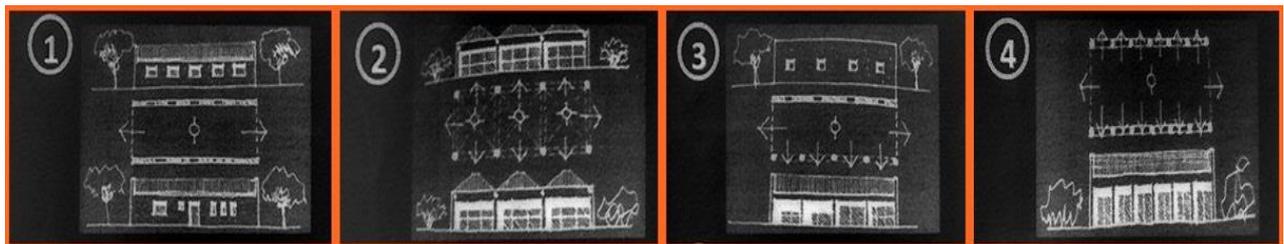
#### **PRÁTICA A – COMPREENSÃO DE SISTEMAS ESTRUTURAIIS**

Uma atividade prévia foi aplicada antes de explanações teóricas acerca da classificação dos sistemas estruturais conforme Engel (1993), para um primeiro contato entre as relações entre o projeto arquitetônico e os sistemas estruturais. Em grupos, foi solicitado aos discentes que avaliassem através de planta baixa e elevações (FIG 2 ) quais os sistemas estruturais foram empregados, bem como a implicação destes em outros aspectos, como a configuração de aberturas e das fachadas em geral. Ao propor este exercício, a intenção foi de alertar aos discentes que a estrutura influencia diretamente no resultado arquitetônico, tanto em termos espaciais quanto estéticos, o que sugere a importância de conceber o projeto estrutural juntamente com o programa arquitetônico.

Dentre as observações apresentadas nas atividades, alguns grupos constataram no modelo em estrutura portante a limitação para a implantação de aberturas, restringindo o uso deste sistema para determinados programas arquitetônicos. Para aqueles modelos que possuíam estrutura em pilar e

viga, observou-se que a distribuição de aberturas se apresentava mais flexível, sendo este sistema mais apropriado para programas que exigem muitas aberturas. Desta maneira, a referida atividade prévia instigou a visão crítica, colaborando para futuras escolhas de sistemas estruturais que venham a atender da melhor forma as demandas do programa arquitetônico.

Figura 2 - Sistemas estruturais ilustrados



Fonte: Adaptado de Garcia (2013)

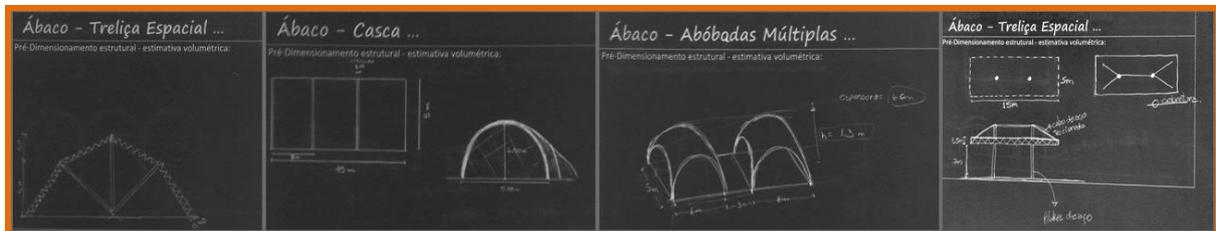
## PRÁTICA B –CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS ESTRUTURAIS

Para a compreensão da dinâmica de ensino-aprendizagem da componente curricular PASE, foi proposta uma primeira atividade prática envolvendo a prática de classificação de sistemas estruturais. Desta maneira, a dinâmica teve como intenção introduzir conhecimentos básicos quanto aos tipos, ao comportamento e as consequências da aplicação dos sistemas.

Em segundo momento, buscando introduzir a compreensão do pré-dimensionamento estrutural conforme ábacos de Rebello (2000), cada grupo deveria lançar para uma planta retangular de 5m x 15m o partido estrutural utilizando sistemas em seção ativa, vetor ativo, forma ativa e superfície ativa, o que incluía a representação em planta e elevação, contendo as dimensões verificadas nos ábacos.

No caso da atividade para o pré-dimensionamento estrutural com a utilização dos ábacos de Rebello (2000), constatou-se de modo geral através das representações em planta e elevações, o aprendizado do método, sendo que as dimensões utilizadas pelos discentes correspondiam corretamente aos valores de acordo com os vãos solicitados no projeto. Sendo assim, tais conhecimentos serão consolidados através da aplicação de outras atividades, as quais serão descritas ao decorrer deste artigo.

Figura 3 - Representação dos discentes para o pré-dimensionamento dos sistemas estruturais solicitados

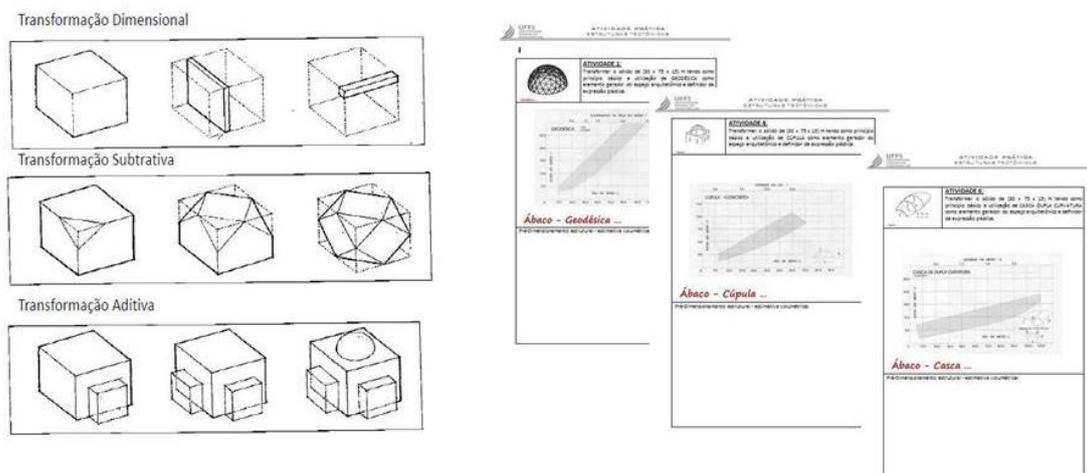


### PRÁTICA C – COMPOSIÇÃO TECTÔNICA

A prática C buscou introduzir conceitos e práticas para o entendimento de sistemas estruturais em seção ativa, portanto, envolvendo pilares, vigas, lajes e pórticos. Além dos gráficos de Rebello (2000), para auxiliar na composição arquitetônica a atividade contou com a utilização de princípios propostos por Ching (1998), sendo este: adição, subtração e transformação dimensional. De maneira geral, o exercício consistia na transformação de um sólido de 30 x 75 x 15 m utilizando sistemas em seção ativa, conforme Fig 4. A expressão plástica tinha como base para seu desenvolvimento princípios de composição aplicados ao sistema escolhido, devendo este apresentar-se em conformidade pré-dimensional conforme ábacos de Rebello (2000).

Para a representação da proposta, os discentes foram orientados a trabalhar com plantas, cortes e esquemas gráficos para exemplificar as soluções adotadas. A execução da atividade se deu no ateliê e contou com o assessoramento dos docentes ao longo do processo. Tendo em vista que práticas anteriores já haviam introduzido o pré-dimensionamento através dos ábacos, buscou-se neste exercício, além da consolidação do entendimento anterior, que os discentes compreendessem que a estrutura também pode ser mista, maleável e se adequar ao programa e as intenções arquitetônicas.

Figura 4 - Exercícios projetuais de composição tectônicas



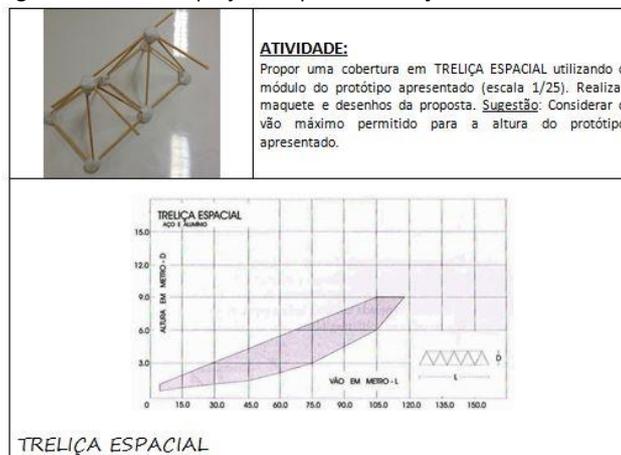
## PRÁTICA D – MODULAÇÃO

A atividade consistiu na aplicação de sistemas estruturais em vetor ativo, portanto, envolvendo treliças planas e espaciais. A proposta de exercício prático buscou trabalhar de forma a agregar além do entendimento dos sistemas, a representação e a importância da modulação e do pré-dimensionamento estrutural desde a concepção do projeto arquitetônico, o que contou com Rebello (2000) como base teórica.

No que diz respeito ao ensino de estruturas em cursos de Arquitetura e Urbanismo, dentre outras dificuldades, são frequentes aquelas relacionadas ao pré-dimensionamento, a utilização da modulação e a representação gráfica. No âmbito do pré-dimensionamento e da modulação, deve-se inicialmente reconhecer que a não racionalização estrutural além de aumentar os custos, não garante a economia de materiais e a agilidade na execução da obra. Por outro lado, no caso da representação gráfica, a lacuna encontra-se na dificuldade de entender como o sistema funciona para depois representá-lo. Tratando dos aspectos citados, a referida atividade descrita a seguir buscou trabalhar essas deficiências.

Assim, foram criadas duas maquetes físicas para os sistemas em treliças planas e em treliças espaciais, visando facilitar o entendimento das explicações teóricas, bem como o desenvolvimento da atividade. O exercício prático foi desenvolvido a partir de um protótipo em treliça espacial que consistia na ampliação de um grão da treliça na escala 1/25 para melhor entendimento de como o sistema funciona em relação ao caminho das forças. Após, os discentes deveriam propor uma cobertura utilizando a repetição do referido grão para cobrir uma área com dimensões de 30 x 9 m, o que incluía o pré-dimensionamento da estrutura conforme ábacos de Rebello (2000) e a concepção arquitetônica da cobertura através da plasticidade estrutural.

Figura 5 - Exercícios projetuais para modulação em vetor ativo



Para a operacionalização da atividade a turma foi dividida em dois grandes grupos devido à demanda de conceber a proposta. Cada grupo ficou encarregado de dividir-se internamente para os seguintes procedimentos: planejar, conceber a expressão plástica, pré-dimensionar conforme os ábacos, representar a proposta em planta baixa e elevação e executar a maquete em escala. Apesar dessas divisões, todos os procedimentos foram feitos de forma em que todos pudessem opinar sobre o que estava sendo feito em seus respectivos grupos. Para a atividade em sua totalidade, foi destinado 1 hora e 30 minutos durante período de aula em ateliê, sendo 30 minutos para o projeto e 1 hora para a execução.

O primeiro grupo procurou desenvolver uma cobertura plana, tornando o processo facilitado principalmente no que se refere a execução da maquete. Por outro lado, buscando tirar partido da estrutura, o segundo grupo optou por propor uma cobertura com geometria fragmentada. Tendo em vista estas escolhas, a cobertura do primeiro grupo foi executada com êxito e, aparentemente, sem complicações (FIG 5). Entretanto, o mesmo não aconteceu com a cobertura do grupo 2, onde esta acabou quebrando durante o processo de execução, atentando para dois motivos: a falta de um apoio no ponto de encontro das treliças ou as condições inadequadas dos materiais utilizados para a execução da maquete, sendo a segunda hipótese a mais provável.

Os objetivos no que diz respeito ao entendimento do pré-dimensionamento e da modulação, foram alcançados. Além disso, através da verificação das dimensões das treliças para o vão determinado, os discentes puderam perceber a relação de escala, de pé direito e de percepção da estrutura aplicada, sendo em alguns casos a sua robustez ou esbeltez propícias ou não, dependendo do contexto. Apesar desses resultados positivos, observou-se a dificuldade na representação gráfica, sendo isso motivo para que a atividade venha a ser repensada para obtenção de melhores resultados nesse aspecto.

Figura 5 – Resultados dos protótipos de cobertura desenvolvidos pelos discentes



### PRÁTICA E - ESTABILIDADE ESTRUTURAL

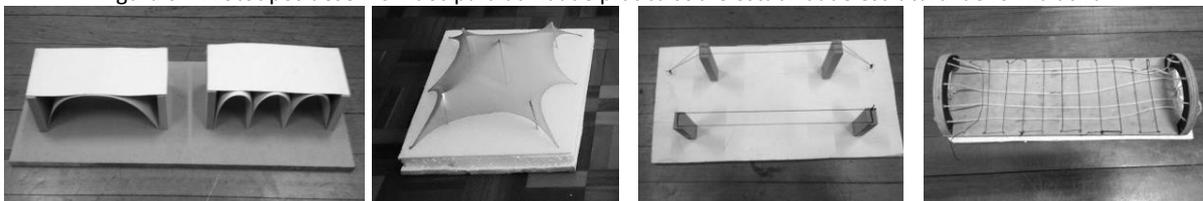
A atividade foi concebida para dar suporte a compreensão da estabilidade estrutural e da forma arquitetônica resultante através de experimentações em maquetes físicas de sistemas estruturais em forma ativa, compreendendo assim, arcos, membranas e cabos de aço.

Em primeiro momento, a atividade contou com exposição teórica, onde os docentes apresentaram os sistemas estruturais a serem trabalhados, o que incluiu ainda a apresentação de referencial projetual. Após as explicações, quatro protótipos (FIG 6) foram apresentados para a atividade prática: um envolvendo arcos, um envolvendo membrana e as demais envolvendo cabos.

Para a operacionalização da atividade, a turma foi orientada a organizar-se em quatro grupos, desta forma cada grupo teve a oportunidade de interagir com cada um dos protótipos dispostos em forma de circuito. Em cada uma das maquetes os discentes foram incentivados a realizar experimentações para a percepção do sistema estrutural através das deformações dos elementos. Essas deformações foram analisadas através da aplicação de forças externas ou da alteração nas condições dos apoios, o que permitiu aos discentes concluir a respeito da estabilidade estrutural e do resultado arquitetônico alcançado através da aplicação do sistema.

Os protótipos desenvolvidos para exemplificar o comportamento dos arcos simulavam o funcionamento de uma ponte em duas etapas: a primeira com um arco na porção inferior; a segunda com a presença de três arcos dando suporte estrutural à ponte. A membrana simulava um espaço aberto coberto, enquanto os protótipos envolvendo cabos de aço consistiam em uma sela e em pilares travados de duas formas: uma situação em que os cabos tocavam o chão e outra em ficavam apoiados somente nos pilares.

Figura 6 – Protótipos desenvolvidos para atividade prática sobre estabilidade estrutural de forma ativa.

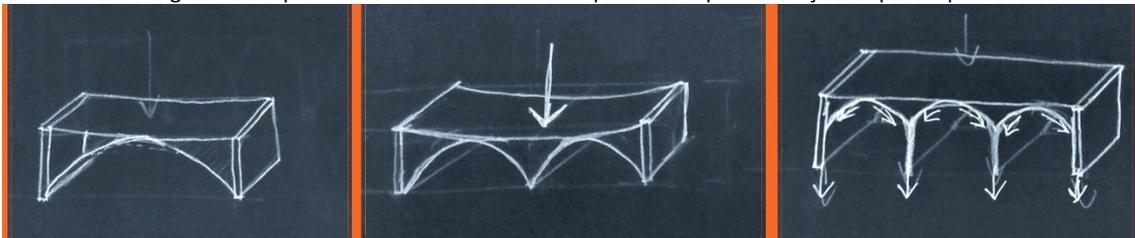


Os resultados desta prática foram extraídos em dois momentos: inicialmente, em cada grupo houve a apresentação das considerações e após, o registro em forma textual e de esquemas estruturais gráficos demonstrando de forma objetiva a compreensão das deformações, tanto pela compressão,

quanto pela tração. Em segundo momento, as informações foram discutidas entre toda a turma, onde um integrante apresentava as considerações de seu respectivo grupo.

Na atividade envolvendo a ponte (FIG 7), foram recorrentes as percepções em que, no caso de possuir um arco, além de compressão o sistema sofria tração. Já no o aumento do número de arcos, tanto os esforços concentrados em um único ponto quanto as deformações diminuíram em relação ao primeiro caso. Assim, as forças possuíam mais opções para descarregamento, tornando a estrutura mais estável e sofrendo apenas compressão, sendo esta a opção mais eficaz dentre as três.

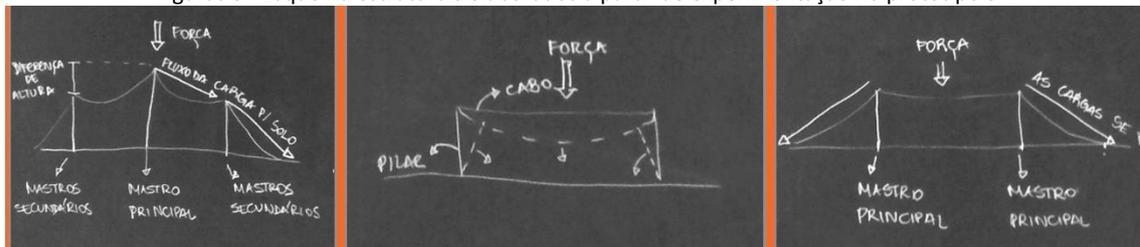
Figura 7 – Esquema estruturais elaborados a partir de experimentação no protótipo 1



Para a membrana, os discentes destacaram as forças de tração atuantes sobre ela e de compressão sobre os mastros; descreveram também a importância do número e do paralelismo dos mastros para o descarregamento das cargas, bem como às consequências disso no que diz respeito ao pé direito e a área útil resultante. Quanto à forma arquitetônica, salientaram que a distribuição dos mastros é quem define a plasticidade do programa.

Sobre os pilares travados (FIG 8), no primeiro caso em que os cabos não tocam o chão, relataram a instabilidade gerada pelo não travamento lateral, o que aumenta a tendência de giro dos apoios e reduz o tencionando dos cabos, tornando a estrutura menos eficiente. Ainda, descreveram que no protótipo onde os cabos tocam o chão, os pilares acabam sendo comprimidos, resistindo com mais eficiência a tendência ao giro, tornando-se mais estáveis e vencendo os vãos com maior facilidade.

Figuras 8 - Esquema estruturais elaborados a partir de experimentação no protótipo 3



Nas percepções referentes a estrutura em sela (FIG 9), os discentes observaram que a quantidade de cabos interfere na forma e na instabilidade estrutural, sendo que quanto maior o número, mais rígida e menos deformável será a estrutura. Desta forma, quanto mais tracionados forem, tanto os cabos

longitudinais quanto os transversais, mais resistente o sistema será, o vão vencido poderá ser maior e a forma arquitetônica resultará dessas solicitações: quanto menos cabos, mais sinuosa. Observando por esse viés, tais percepções levaram os discentes a destacarem que a estrutura - arcos e cabos - trabalha de forma solidária e é indicada para ser utilizada quando o programa exigir grandes áreas abertas cobertas.

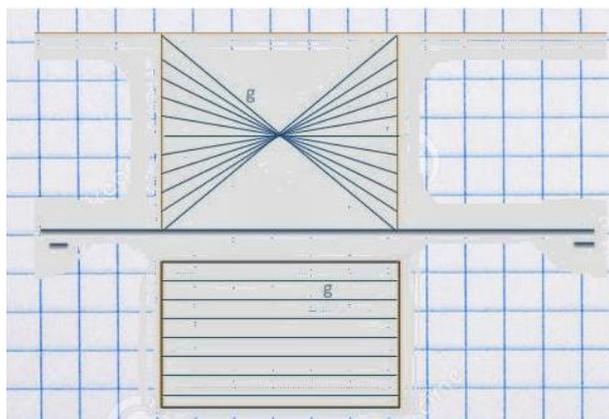
Figura 9 - Esquema estruturais elaborados a partir de experimentação no protótipo 3

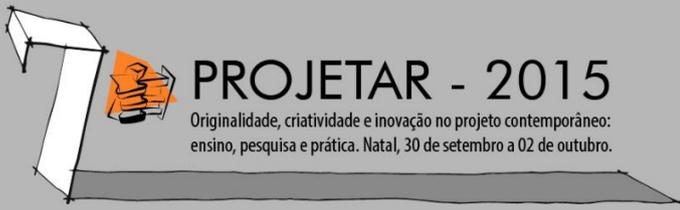


### PRÁTICA F - FORMAS ESTRUTURAIS COMPLEXAS

A prática F trabalhou os sistemas estruturais em superfície ativa, portanto, compreendendo sistemas como parabolóide hiperbólico, conóide, parabolóide elíptico e chapas dobradas. A proposta da atividade ocorreu devido a dois fatores: a complexidade das formas em superfície ativa e a necessidade de entender e representar graficamente os sistemas. Após explanações teóricas, foi solicitado aos discentes que propusessem o lançamento de quatro partidos estruturais para o programa arquitetônico de um auditório. O pré-dimensionamento deveria ser feito a partir dos ábacos de Rebello (2000), considerando as dimensões de 10m x 25m e a utilização exclusivamente de sistemas estruturais em massa ativa. Com a prática, propôs-se que os discentes praticassem a representação gráfica das formas arquitetônicas complexas, o que compreendia plantas baixas, dois cortes, vista frontal e lateral (FIG 10).

Figura 10 – Exemplo de representação gráfica de sistema estrutural proposto.





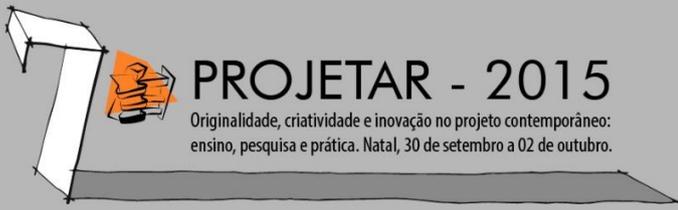
Para a execução da atividade, além dos ábacos de Rebello (2000), foram fornecidos papéis quadriculados para facilitar o processo de representação. O tempo de desenvolvimento foi deixado livre, sendo que os discentes poderiam complementar o exercício em casa. Não houve entrega formal do material produzido na referida atividade, visto que a atividade envolvendo sistemas em superfície ativa teve como objetivo principal a representação, com semelhanças com a entrega final que aconteceria em sequência. Entretanto, os projetos resultantes de todo o desenvolvimento da disciplina PASE e das atividades aqui descritas apresentaram como resposta as mais variadas formas e complexidades estruturais e arquitetônicas.

Observando a partir das representações finais do projeto arquitetônico e estrutural, constata-se que houve um domínio significativo dos sistemas devido as teorias e práticas aplicadas durante a disciplina PASE. Entretanto, considerando que cada projeto possui suas complexidades e soluções diversificadas, o que inclui os sistemas estruturais, ainda se verificou deficiências nas representações, por mais que o entendimento e a representação geral obtivessem êxito. Tendo em vista este aspecto, compreende-se que a atividade deve ser reformulada, dentre outras alterações, há indicativos de que sendo toda executada em ateliê e possuindo acompanhamento efetivo dos docentes durante o processo, a prática terá boa parte de suas lacunas preenchidas, dando confiança e segurança para os discentes na hora de materializar a representação de suas ideias.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em termos de processo de ensino-aprendizagem, a diretriz de concepção do partido arquitetônico condicionado a um sistema estrutural puro permitiu uma melhor compreensão das potencialidades e limitações dos diferentes sistemas estruturais. A sistematização dos ábacos desenvolvidos por Rebello (2000) para a classificação de sistemas estruturais de Engel (1993) é imprescindível para fins de facilitar a dinâmica pedagógica da componente curricular. Pretende-se assim comparar as características dimensionais e de modulação dos diferentes sistemas estruturais em massa ativa, forma ativa, vetor ativo e superfície ativa de uma forma gráfica de rápida apreensão.

Os exercícios pré-dimensionamento associados a atividades de representação gráfica dos diferentes sistemas estruturais foram fundamentais para estimular a capacidade dos discentes em propor formas arquitetônicas mais complexas explorando a tectonicidade dos sistemas estruturais na concepção do partido arquitetônico. A abordagem dos fenômenos físicos de estabilidade da forma arquitetônica com enfoque intuitivo-qualitativo a partir da experimentação com maquetes estruturais



mostrou-se importante para a proposição de formas arquitetônicas mais complexas cujo pré-dimensionamento não era evidenciado em ábacos de Rebello (2000).

Sugere-se como trabalhos futuros a proposição de atividades práticas para o módulo de anteprojeto da componente curricular PASE no Laboratório Canteiro Experimental para exploração de detalhes construtivos dos diferentes sistemas estruturais.

## 5. AGRADECIMENTOS

As agências de fomento CNPQ, CAPES, bem como a Pró-Reitoria de Graduação (PROGRAD) da Universidade Federal da fronteira Sul (UFFS) pelo suporte financeiro.

## 6. REFERÊNCIAS

CHARLESON, A. *A estrutura aparente: um elemento de composição em arquitetura*. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 216 p.

CHING, F.D.K. *Arquitetura: forma, espaço e ordem*. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

ENGEL, H. *Sistemas de Estruturas*. Hemus Editora Limitada. São Paulo. 1993.

REBELLO, Y. C. P. *Concepção Estrutural e Arquitetura*. São Paulo: Zigurate Editores, 2000.

DUARTE, M. M. *Maquetes estruturais como auxílio no processo de ensino e aprendizagem do comportamento estrutural através de análise qualitativa*. XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE, Fortaleza, 2010.

GARCIA, J.R. *Construir como projeto: Uma introdução a materialidade arquitetônica*. Coedição Masquatro Editorial e Nobuko S.A. 2013.

LEITE, M. A. D. F. D. *A aprendizagem tecnológica do arquiteto*. (Tese de doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2005

LOPES, J. M. de A. Quando menos não é mais: tectônica e o ensino tecnológico da Arquitetura e do Urbanismo. III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo - arquitetura, cidade e projeto: uma construção coletiva - ENANPARQ, São Paulo, 2014.

MINTO, F. C. N. *A experimentação prática construtiva na formação do arquiteto*. (Dissertação de Mestrado). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009.

OLIVEIRA, M. S. de. *Modelo estrutural qualitativo para pré-avaliação do comportamento de estruturas metálicas*. (Dissertação de Mestrado). Ouro Preto: Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, 2008.

SARAMAGO, R. C. P. *Ensino de estruturas nas escolas de arquitetura do Brasil*. (Dissertação de Mestrado). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.