



COBENGE 2005

XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande - Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPE

TÍTULO: A INTEGRAÇÃO ENTRE AS DISCIPLINAS “FUNDAMENTOS DO PROJETO ARQUITETÔNICO” E “ESTRUTURAS DE CONCRETO”

Msc. Simone Helena Tanoue Vizioli – simonehtv@mackenzie.com.br

Universidade Presbiteriana Mackenzie, Escola de Engenharia, Engenharia Civil

Rua da Consolação, 896 – Consolação, Prédio 06

CEP 01302-907 São Paulo – SP

Dr. Alex Alves Bandeira – alex_bandeira@mackenzie.com.br

RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar a integração entre o ensino do projeto arquitetônico e de estruturas de concreto, estabelecida no Curso da Engenharia Civil da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como aprimoramento metodológico. Diante do atual contexto da globalização, a aprendizagem de engenharia deve não apenas incluir os conhecimentos técnicos, mas também, para uma formação mais ampla e completa do futuro profissional, contemplar algumas interfaces com outras áreas do conhecimento. Neste trabalho será abordada especificamente a área de arquitetura na concepção estrutural de edifícios. As visitas técnicas e os estudos de casos, programados nas disciplinas, são feitos no Município de São Paulo, permitindo a ampliação do conhecimento arquitetônico contextualizado, além da visualização do detalhamento dos elementos estruturais de concreto (vigas, lajes, pilares e fundações). O incentivo à visualização tridimensional exigido pela disciplina de projeto arquitetônico prepara sensivelmente o educando quanto à concepção estrutural, permitindo-o maior facilidade ao dimensionar os elementos estruturais em concreto.

***Palavras-chave:** Ensino, Metodologia, Estrutura, Arquitetura, Projetos.*

ABSTRACT

The basic aim of this article is to present the integration between the architectural project and the concrete structures teaching, established by the Civil Engineering Course of the Presbyterian Mackenzie University, as a methodological improvement. Due to the worldwide integration context, the engineering learning should not just include the technical knowledge but also, in order to produce good professionals in the future, contemplate some interfaces with other knowledge areas. This paper will address specifically the architecture area and the structural conception of buildings. The technical visits and the case studies, planned in the disciplines, are in the São Paulo district, promoting the architectural knowledge on this specific context, besides the three-dimensional perception of the concrete structural elements (beams, flagstones, pillars and foundations). This kind of perception required by the architectural project discipline, prepares the student regarding the structural conception understanding, simplifying the activity of calculating the structural elements in concrete.

***Key words:** Teaching, Methodology, Structures, Architecture, and Projects.*

INTRODUÇÃO

Algumas considerações sobre a origem da Engenharia no Brasil.

O ano de 1810 é considerado como sendo o início do ensino da Engenharia no Brasil, ano em que foi fundada a Academia Real Militar no Rio de Janeiro, de onde descende em linha direta, a Escola Politécnica do Rio de Janeiro. Em 1816, é criada a Academia de Desenho, Pintura, Escultura e Arquitetura Civil, mais tarde desdobrada em Academia Imperial de Belas Artes e Escola Nacional de Belas Artes, hoje denominadas, respectivamente, Escola de Belas Artes e Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

A atual Escola Politécnica da Universidade de São Paulo foi criada pela lei estadual nº. 191, de agosto de 1893. Segundo Ficher (apud PASSOS¹, 2002, p. 83) “O curso de arquitetura da Politécnica visava formar engenheiros-arquitetos preparados para projetar e construir edificações, em contraste com seus colegas engenheiros civis do Rio de Janeiro, que deveriam projetar e construir obras de engenharia: pontes, viadutos, portos, canais, estradas de ferro e de rodagem, redes de água e esgotos, etc.”. Em 1948 foi fundada a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

A Escola de Engenharia Mackenzie, fundada na cidade de São Paulo, em 1896, foi o primeiro estabelecimento de ensino superior não-governamental do País. Em agosto de 1947 foi criada a Faculdade de Arquitetura Mackenzie.

JUSTIFICATIVA

Com o avanço da tecnologia e as especificidades requeridas nos cursos superiores e pelo mercado de trabalho, a Engenharia separou-se da Arquitetura, sofrendo com isso uma perda da integração entre a arte e a técnica. Enquanto a Engenharia é classificada como uma Ciência Exata, a Arquitetura enquadra-se nas Ciências Sociais. Entende-se aqui, que esta separação é necessária para o estudo mais aprofundado das especificidades de cada curso, porém, no cotidiano profissional, as áreas não trabalham dissociadas. Principalmente quando o assunto é sobre edifícios altos.

Segundo a Lei nº 5.194, de 24 dez 1966²- Art. 1º, as profissões de engenheiro, arquiteto e engenheiro-agrônomo são caracterizadas pelas realizações de interesse social e humano que importem na realização dos seguintes empreendimentos: a) aproveitamento e utilização de recursos naturais; b) meios de locomoção e comunicações; c) edificações, serviços e equipamentos urbanos, rurais e regionais, nos seus aspectos técnicos e artísticos; d) instalações e meios de acesso a costas, cursos, e massas de água e extensões terrestres e e) desenvolvimento industrial e agropecuário.

Recentemente, vem se discutindo a criação de um Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU), independente do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA). Isto demonstra, com maior ênfase, a separação destes profissionais, que na prática, atuam sobre o mesmo objeto – a construção civil. É importante salientar, que na fase de concepção estrutural é imprescindível que a forma arquitetônica das edificações se enquadre perfeitamente com a possibilidade de execução do projeto, levando ainda em consideração a criatividade e a beleza das estruturas.

A formação acadêmica é muito mais abrangente que a simples assimilação do conhecimento técnico: “Um ensino só pode ser considerado de qualidade se: a) oportunizar a construção de conhecimento de todos os indivíduos envolvidos no processo; b) permitir que seus participantes cresçam intelectualmente e se transformem em indivíduos coletivos mais amplos do que apenas as suas comunidades profissionais ou sociais restritas” (PEREIRA, L. T. V. e BAZZO, W. A., 1997, in PASSOS¹, E. M. B., 2002, p. 8.)

Segundo Passos¹, a ABENGE (Associação Brasileira de Ensino de Engenharia) define currículo como “todo conjunto de experiências de aprendizado que o estudante incorpora durante o processo participativo de desenvolver, numa instituição educacional, um programa de estudos coerentemente integrado” (PASSOS, 2002, p. 118)¹. Dentre as atribuições presentes no currículo da Engenharia, tem-se o planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos de engenharia.

Muitos são os pesquisadores que se voltam para o estudo da melhoria do processo de aprendizagem; recentemente o Professor Lowman (2004)³ publicou um livro onde mostra que o ensino é influenciado por três fontes independentes de interferência: o estudante, o professor e o curso. O autor identifica duas influências inter-relacionadas para cada fonte, que produzem variáveis que diferenciam a aprendizagem: para o estudante e o professor, as influências são as competências e as motivações, para o curso, as influências são os objetivos e a organização. A elaboração de um projeto arquitetônico por alunos de engenharia encontra barreiras relacionadas à capacidade criativa e à habilidade de desenho do aluno. Este é o maior desafio de ensinar projeto arquitetônico para alunos de engenharia, sendo, portanto, fundamental que a motivação tenha um papel maior como fator de influência para o estudante.

A integração do projeto arquitetônico com as disciplinas de estruturas de concreto, onde o aluno realiza os modelos e cálculos estruturais, faz com que ele compreenda a importância de aprender a visualizar um projeto tridimensionalmente, exercite sua capacidade criativa, para concomitantemente, adotar soluções estruturais integradas ao projeto.

Além das questões já mencionadas, as disciplinas de Fundamentos do Projeto Arquitetônico de Estruturas de Concreto, procuram minimizar a dicotomia, frequentemente referenciada⁴, entre a teoria e a prática no ensino da Engenharia. Por práticas entendem-se tanto as atividades de fixação (exercícios e experimentos em laboratórios), como também, as práticas profissionais (projetos estruturais, estágios e visitas técnicas). A teoria é ministrada de forma contextualizada, acompanhada de visitas técnicas, e os alunos projetam em um terreno real, respeitando a legislação vigente o projeto arquitetônico e em seguida as plantas de fôrmas, que através destas são realizados o cálculo, dimensionamento e detalhamento das estruturas.

No ensino do projeto arquitetônico, segundo MAFHFUZ (in COMAS, 1986)⁵, a atividade de investigação teórica na universidade deve consistir em duas partes, uma analítica e outra experimental:

“A parte analítica visa, através de análises precedentes, chegar à compreensão dos elementos que compõem a arquitetura e das ordens complexas de arranjos espaciais através dos quais aqueles são combinados, dos princípios construtivos e geométricos básicos, das relações entre sistemas estruturais e organização espacial, dos esquemas representativos, e dos fenômenos perceptivos envolvidos em arquitetura. Na parte experimental, trabalhando com os elementos obtidos na parte analítica, procede-se a uma manipulação reflexiva dos elementos e sistemas

de regras que servem de referência a toda sintaxe compositiva. Essa manipulação permite a exploração do potencial que elementos e composições possam ter de se adaptarem a aplicações diferentes do original.”(MAFHUZ, 1986, P. 65)

METODOLOGIA: APRESENTAÇÃO DAS DISCIPLINAS DE FUNDAMENTOS DO PROJETO ARQUITETÔNICO E DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Ementa das disciplinas de Fundamentos do Projeto Arquitetônico I e II, ministradas no 4º. E 5º. Semestres respectivamente.

É objetivo da disciplina Fundamentos do Projeto Arquitetônico I e II capacitar o aluno a desenvolver projetos arquitetônicos de complexidade crescente. Assim, a habitação como forma de abrigo essencial, é o tipo de projeto mais próximo ao cotidiano do aluno; a qualidade de vida se inicia no vivenciar os espaços de sua casa. As peculiaridades do espaço em cada ambiente, o conforto resultante, a ligação do interior com o exterior da casa, os elementos e detalhes construtivos são importantes na elaboração do partido arquitetônico. É preciso saber acomodar esses interesses e produzir um projeto que atenda aos costumes culturais e sociais da família. Como Fundamento do Projeto Arquitetônico I, a disciplina propõe não somente instrumentalizar o aluno a executar um desenho técnico, mas, sobretudo, mostrar a importância da concepção do projeto, levando à adoção de um partido arquitetônico. Envolvidos na criação desse partido arquitetônico encontram-se tanto os aspectos de qualidade do ambiente projetado como as questões estéticas inerentes ao partido adotado.

Para tanto, o primeiro projeto trata de uma residência unifamiliar, onde são discutidos o programa e o dimensionamento dos espaços. Ao tratar a inserção da casa na cidade, o aluno entra em contato com a Lei de Parcelamento Uso e Ocupação do Solo, compreendendo o uso residencial e suas possibilidades de ocupação do terreno, a área construída e demais aspectos intervenientes. Há também um contato com as leis do Código de Obras e Edificações, à medida que deve atendê-las.

O estágio de conhecimento almejado pela disciplina é alcançado quando o aluno realiza estas atividades programadas, demonstrando ter assimilado o processo de desenvolvimento de um projeto e também através do produto final: um projeto adequado. Adquire com isso os conhecimentos propostos para esse nível de seu desenvolvimento no Curso de Engenharia.

Dando continuidade aos conhecimentos adquiridos na disciplina de Fundamentos do Projeto Arquitetônico I, na disciplina de Fundamentos do Projeto Arquitetônico II, propõe-se o desenvolvimento de um projeto para edifício de uso misto (escritórios e comércio/ serviço), com múltiplos pavimentos verticais. A complexidade do projeto exige maior atenção quanto à legislação de Parcelamento Uso e Ocupação do Solo e ao Código de Obras e Edificações, uma vez que, questões como circulação horizontal e vertical, iluminação e insolação tornam-se elementos fundamentais para a concepção do projeto. Em termos de geração de tráfego, projetos desse porte demandam estudos relativos ao acesso de veículos e sua relação com a hierarquia do sistema viário urbano. Ao se trabalhar com este tipo de projeto, faz-se necessária a compreensão das diferentes tipologias de usos e os espaços que atendem estas necessidades, isto é, o estudo do dimensionamento dos ambientes compatíveis com o porte e a especificidade da atividade e também o estudo dos sistemas construtivos adequados a este dimensionamento. A definição das técnicas, estrutura e dos materiais também é um elemento definidor do partido arquitetônico.

Em se tratando de uma disciplina que tem como objetivo capacitar o aluno a desenvolver um projeto arquitetônico, através da instrumentalização teórico-prática, é importante sublinhar que a elaboração de um projeto envolve não somente questões técnicas e funcionais, como, principalmente a criação de valores estéticos, parte integrante do partido arquitetônico. Os espaços não construídos e as soluções propostas para eles, também são considerados no conjunto da implantação do edifício.

Como exercício preliminar, objetivando o aluno a familiarizar-se com o tema, propõe-se um estudo de caso de um edifício de escritórios, existente em São Paulo. Este trabalho deve conter não somente a interpretação espacial dos ambientes através da sua representação gráfica, como também, a análise do contexto urbano e histórico do edifício e a descrição dos elementos construtivos adotados (estrutura, circulação e fachada).

Paralelamente aos estudos de casos, são apresentados em classe, exemplos de *skyscrapers* internacionais, para que o aluno conheça outras realidades que não somente a do Brasil, onde os edifícios mais altos possuem 150/ 160 m de altura, e no exterior, esta altura chega a 450m. Para tanto, utiliza-se o livro de CAMPI, 2000.⁶

Numa segunda etapa, para o desenvolvimento do projeto proposto devem ser consideradas as questões reais, visto que, trata-se de um terreno existente localizado na Grande São Paulo, ao qual o aluno deve visitar para conhecer o contexto urbano em que está inserido e as especificações quanto à implantação do terreno. Neste momento, o aluno é obrigado a tomar conhecimento da legislação vigente, pela pesquisa em dois documentos básicos: o Código de Obras (BLOCH, L.L. e BOTELHO, M.H.C.,1999)⁷ e o novo Plano Diretor Estratégico de São Paulo (Prefeitura Municipal de São Paulo, 2004).⁸

A primeira etapa deste projeto deve ser apresentada sob a forma de croquis e plantas indicativas, onde o objetivo é fazer com que o aluno expresse suas idéias, sem ainda um compromisso com os aspectos formais gráficos que possam interferir no processo criativo. O projeto final deve ser apresentado com todos os elementos gráficos que permitam a compreensão do edifício e deve ser acompanhado de um memorial justificativo e descritivo. Sem perder o objetivo de considerarem-se os aspectos técnicos construtivos do projeto e os aspectos formais de uma representação gráfica, a disciplina prioriza o processo do desenvolvimento do projeto (pensamento espacial) e não somente o produto final.

Ementa das disciplinas Estrutura de Concreto I e II, ministrada no 7º. e 8º. semestres.

Os principais objetivos das disciplinas de concreto são estudar os modelos estruturais, utilizando-se os métodos de cálculos abrangendo recursos computacionais. É analisado o comportamento e mecanismo de funcionamento das estruturas, desenvolvendo a capacidade do educando para o entendimento, criação e elaboração de projetos estruturais. É incentivado também que o educando tenha um perfeito domínio de elementos gráficos (leitura, interpretação e expressão), conhecimento e interpretação de normas técnicas ,como por exemplo a NBR 6118/04⁹, e processos tecnológicos, capacitando o educando ao exercício profissional no âmbito da engenharia de estruturas.

Os cursos de Estruturas de Concreto são ministrados dando ênfase à parte teórica e prática. Portanto 60% do curso é designado à parte teórica e os outros 40% à parte prática.

Na parte prática da disciplina Estrutura de Concreto I, o curso é iniciado apresentando os conceitos de segurança estrutural e o projeto arquitetônico de uma edificação residencial de aproximadamente quinze andares. Uma vez que o projeto arquitetônico é perfeitamente compreendido, começa-se a concepção da estrutura, resultando no lançamento de todos os elementos de lajes, vigas e pilares da edificação. A parte prática consiste no dimensionamento e no detalhamento de lajes maciças em concreto armado e o quantitativo e detalhamento das fôrmas de madeira.

Na parte teórica, são apresentados os conceitos sobre segurança estrutural, classe de agressividade ambiental, domínios de deformação nos Estados Limites Últimos e o dimensionamento de elementos de barras submetidos à flexão (vigas). Então, são apresentados os conceitos do concreto e do aço, juntamente com as suas equações constitutivas (parábola-retângulo e tensão×deformação do Aço). O estudo da flexão é iniciado com a flexão simples em seções retangulares. É apresentado o dimensionamento das armaduras longitudinais e a posição da linha neutra das vigas, verificando o Estado Limite Último e conseqüentemente, se o colapso da estrutura é avisado. São apresentadas situações de cálculo onde resultam armaduras simples e armaduras duplas. Em seguida, é estudado o dimensionamento de vigas submetidas à flexão simples em seções compostas.

No curso teórico de Estruturas de Concreto II, é estudado o dimensionamento de peças submetidas à tração centrada e à flexo-tração com pequena e grande excentricidade. Em seguida é estudado o Estado Limite de Serviço ou Utilização, verificando a fissuração e flecha das vigas. Finaliza-se a teoria estudando as peças de concreto submetidas à compressão (pilares). Nesta fase são estudados a instabilidade de pilares assim como o dimensionamento e detalhamento de pilares. São analisados os efeitos de primeira ordem, de segunda ordem e os efeitos da fluência. Após o estudo completo de pilares de edifícios é analisado o dimensionamento à torção com flexão.

A parte prática da disciplina de Estruturas de Concreto II compreende ao estudo completo de vigas, compreendendo sua modelagem, cálculo, dimensionamento (Estado Limite Último e Estado Limite de Serviço) e detalhamentos das armaduras longitudinais (decalagem), transversais e complementares.

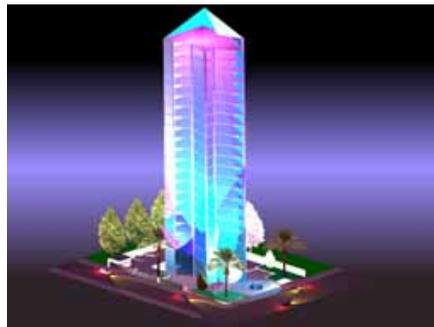
A seguir são apresentados alguns exemplos de projetos de edifícios de escritórios elaborados por alunos do 5º. Semestre (Fundamentos do Projeto Arquitetônico II). É importante mencionar que muitos destes projetos são calculados nas disciplinas de Estruturas de Concreto.



André Buono Silveira e Renato Gibson
Bragança Pinheiro. Mackenzie: 2001.



Malcom Vivanco de Campos e Felipe Prado
Padovani. Mackenzie: 2001.



Thiago Toni Motta Pereira, Alexandre Toccheton Barauskas, Marcos Mansour Chebib Awad, Fernando Damasco Penna, 2003.

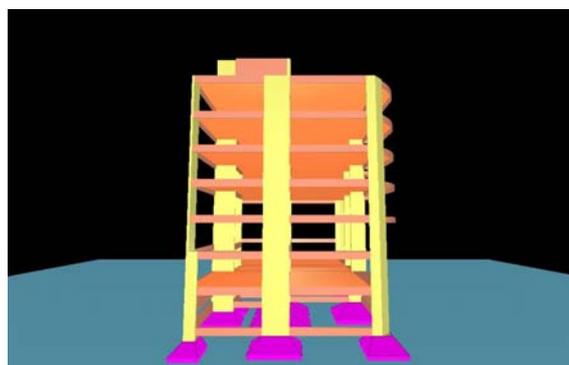
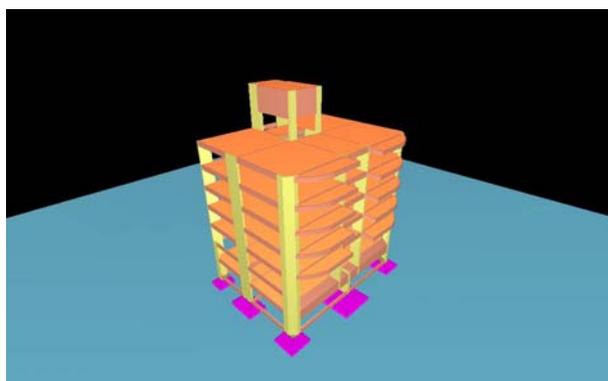
Alexandre Vinícius Galli, Augusto César Galli, Brenno Augusto M. Versolatto, 2003.



Luiz Henrique Berloff, Rafael Inoue, Henrique Nascimento dos Santos, 2004.

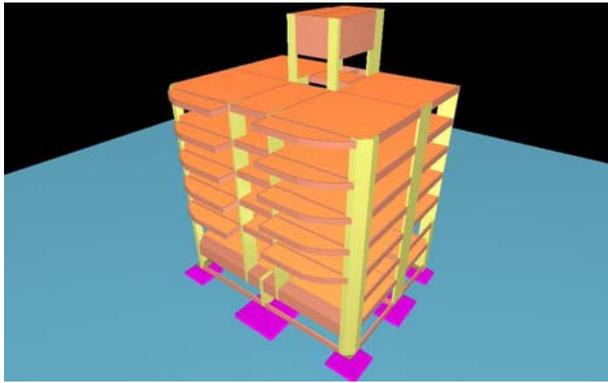
Maurício Roberto de Pinho Chivante, 2004.

Projeto estrutural de um edifício elaborado por alunos do curso de concreto

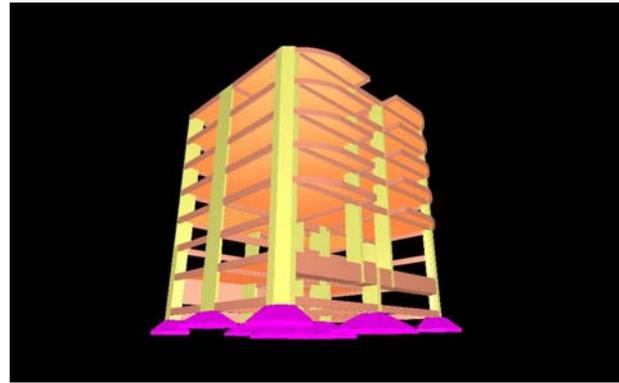


Exemplo de projeto estrutural de uma edificação residencial gerado pelo programa TQS

Exemplo de projeto estrutural de uma edificação residencial gerado pelo programa TQS

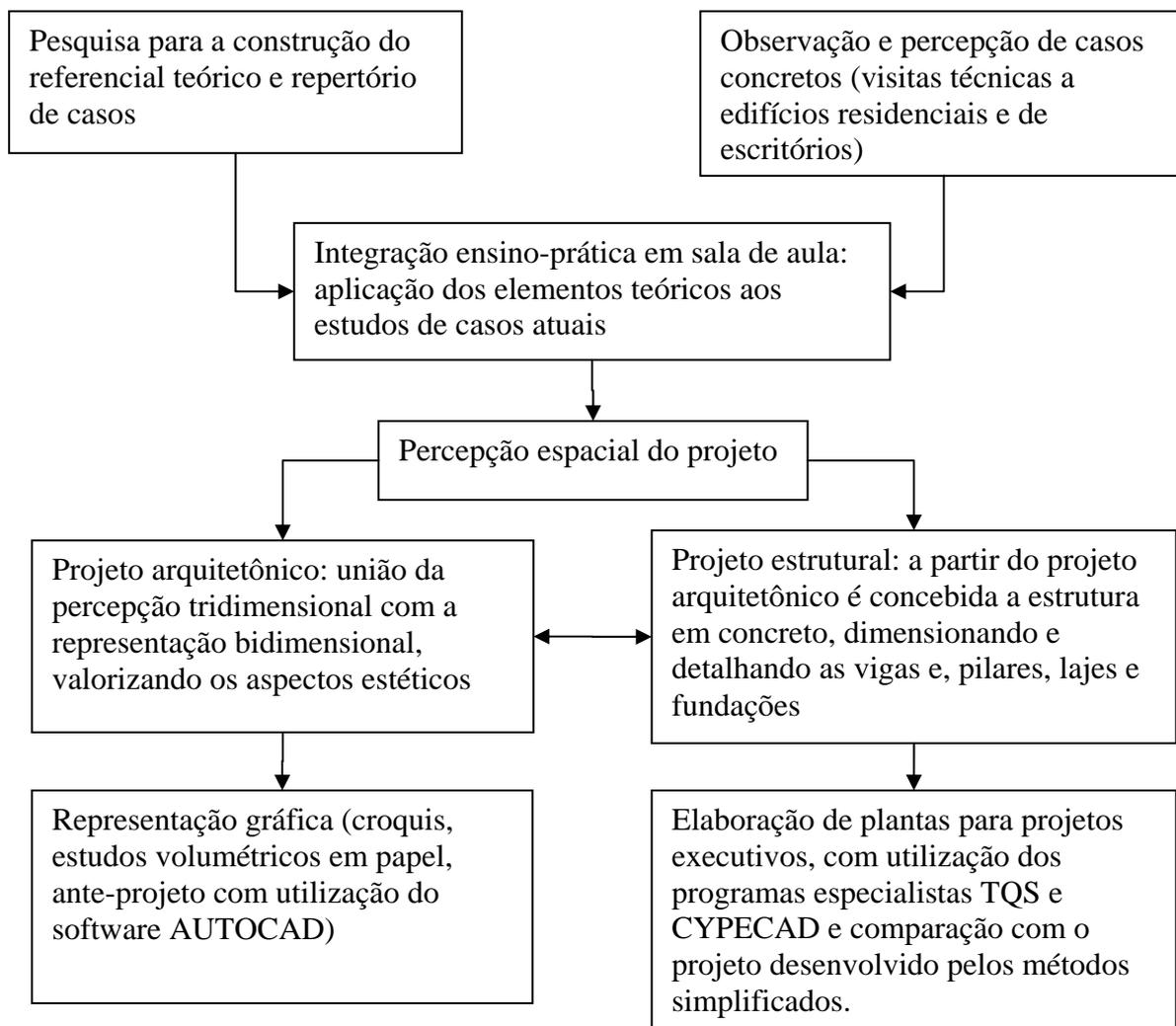


Exemplo de projeto estrutural de uma edificação residencial gerado pelo programa TQS



Exemplo de projeto estrutural de uma edificação residencial gerado pelo programa TQS

Basicamente as etapas para a concepção de um projeto de edifício podem ser esquematizadas no fluxograma abaixo.



CONCLUSÃO

A concepção arquitetônica de edifícios, especialmente para edifícios altos, deve contemplar soluções prévias para o adequado lançamento do subsistema de contraventamento, no que diz respeito ao posicionamento dos elementos verticais, continuidade estrutural, seja pela formação de pórticos ou pelo uso de laje como diafragma rígido, e composição estética, pela definição ou não dos componentes estruturais como participantes da Arquitetura.

Os pilares, à medida que se aumenta a altura das edificações, ganham seção pelo esforço normal de carregamentos de gravidade e também pelo papel desempenhado na estabilidade à carregamentos de vento, fator extremamente relevante para a concepção arquitetônica das edificações elevadas. O subsistema vertical combate a atuação do vento para que não ocorra o demasiado deslocamento horizontal da estrutura que, em altos edifícios flexíveis, pode até causar desconforto sensorial aos ocupantes, podendo levá-los a sentir náuseas principalmente por vibrações não-amortecidas rapidamente. Movimentos que geram efeitos psicológicos ou fisiológicos tornam os edifícios inaceitáveis pelos ocupantes. O prévio conhecimento da importância do subsistema vertical e das possibilidades já consagradas permite grande compatibilidade, então, entre o projeto arquitetônico e o projeto estrutural.

A tendência dos grandes projetos da arquitetura contemporânea une a beleza e a forma que mais se adequa a melhor solução estrutural. Um exemplo disto são as torres “Petronas Towers” que possuem uma forma cônica, cuja solução estrutural é consagrada por ter melhor desempenho quanto à estabilidade à ação de ventos.

Portanto, a integração entre as disciplinas de Projeto Arquitetônico e Estruturas de Concreto, permite ao aluno, verificar as relações e interfaces que os conteúdos dessas disciplinas oferecem. Os estudos de casos e as visitas técnicas são realizados inseridos no contexto atual do Município de São Paulo, permitindo uma aplicação da teoria e uma visualização dos detalhamentos das ferragens nos elementos estruturais de concreto (vigas, lajes, pilares e fundações). O incentivo à visualização tridimensional exigido pela disciplina de projeto arquitetônico prepara sensivelmente o educando quanto à concepção estrutural, facilitando o educando a dimensionar os elementos estruturais em concreto.

REFERÊNCIAS

¹ PASSOS, Érika Mendonça Britto. *A Contribuição da Arquitetura para a Formação do Profissional Engenheiro Civil*. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2002.

² _____ *LEI Nº 5.194, DE 24 DEZ 1966*. Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo, e dá outras providências.

³ LOWMAN, Joseph. *Dominando as técnicas de ensino*. Tradução Harue Ohara Avritscher. São Paulo: Atlas, 2004.

⁴ PINTO, Danilo Pereira; NASCIMENTO, Jorge Luiz do. Org. *Educação em engenharia: metodologia*. São Paulo: Editora Mackenzie, 2002

⁵ MAHFUZ, Edson da Cunha. Os conceitos de polifuncionalidade, autonomia e contextualismo e suas conseqüências para o ensino de projeto arquitetônico in COMAS, Carlos Eduardo. (org.) *Projeto Arquitetônico. Disciplina em crise, disciplina em renovação*. São Paulo: Projeto, 1968.

⁶ CAMPI, Mario. *Skycrapers: an architectural type of modern urbanism*. Tradução para o inglês de Robin Benson. Berlim: Birkhauser, 2.000.

⁷ BLOCH, L.L. e BOTELHO, M.H.C. (1999) *Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo: comentado e criticado*. São Paulo: Pini, 2^a. Ed. 1999.

⁸ PMSP – Prefeitura do Município de S.Paulo. *Plano Diretor Estratégico*. S.Paulo: 2004.

⁹ ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 6118/04 – Norma Brasileira de Concreto Armado*. S.Paulo: 2004.