

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Faculdade de Educação
Programa de Pós-Graduação em Educação

Paula Bamberg

**TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO, TRABALHO E
FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS PROJETISTAS:
implicações para as relações de saberes e com o
saber profissional**

Belo Horizonte
2010

Paula Bamberg

**TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO, TRABALHO E
FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS PROJETISTAS:
implicações para as relações de saberes e com o
saber profissional**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação: conhecimento e inclusão social da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Educação.

Orientadora: Lucília Regina de Souza Machado

**Belo Horizonte
Faculdade de Educação da UFMG
Fevereiro de 2010**

Tese intitulada "Tecnologias de Informação, Trabalho e Formação de Engenheiros Projetistas: implicações para as relações de saberes e com o saber profissional" defendida em 26 de fevereiro de 2010 pela autora Paula Bamberg e aprovada pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof^a Lucília Regina de Souza Machado - Orientadora

Prof^a Antônia Vitória Soares Aranha - FAE/UFMG

Prof^a Daisy Moreira Cunha - FAE/UFMG

Prof. Vanderli Fava de Oliveira - UFJF

Prof^a Adriana Maria Tonini - CEAD / UFOP

*Aos meus filhos,
Vitor e Lucas.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Prof^a Lucília Regina de Souza Machado, profissional competentíssima, pela orientação deste trabalho e pela paciência e dedicação ao longo de todos estes anos, que me permitiu chegar à conclusão desta tese.

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais que me deu a oportunidade de me capacitar com o ensino de seus professores e com o apoio de seus funcionários.

Agradeço ao NETE – Núcleo de Estudos sobre Trabalho e Educação pela possibilidade de aprendizado com colegas e professores, em especial ao Prof. Fernando Selmar Fidalgo.

Agradeço aos treze engenheiros que gentilmente disponibilizaram parte de seu precioso tempo concedendo as entrevistas para a realização da pesquisa.

Agradeço à Prof^a Carmen Couto Ribeiro pela amizade, incentivo e pelas discussões sobre a engenharia.

Agradeço à Germano, Soraia e Thaís que, enquanto alunos de graduação em engenharia civil, muito contribuíram na fase de coleta de dados.

Agradeço à Prof^a Maria Giselle Marques Bahia pela amizade, incentivo, pelas discussões sobre metodologias de pesquisa quando me apresentou a metodologia do discurso do sujeito coletivo.

Agradeço aos meus pais Alfredo e Martha que são meu esteio em todos os momentos da minha vida.

RESUMO

A Educação em Engenharia tem evoluído historicamente, mas ainda tem um longo caminho a percorrer. O cerne desta investigação se constituiu pelas questões que envolvem as relações entre mudanças nos processos de trabalho dos engenheiros projetistas estruturais decorrentes do maior recurso ao emprego das tecnologias de informação, condições oferecidas ao aumento da intelectualização de sua atividade e desafios à sua formação profissional. Buscou-se, assim, explorar as mudanças que se fazem necessárias no processo de formação destes profissionais tendo em vista colocá-los à altura das exigências societárias atuais. Adotou-se a metodologia qualitativa e a pesquisa exploratória. Foram entrevistados treze engenheiros projetistas estruturais com experiências profissionais entre os anos 1962 e 2002. Tomou-se como marco histórico a informatização dos escritórios de projetos estruturais ocorrida na década de 1980. Foram considerados dois grupos de entrevistados: o primeiro composto pelos entrevistados graduados antes de 1980 e o segundo composto pelos que se formaram após esta data. As entrevistas foram feitas seguindo um roteiro construído com base nas relações constitutivas da relação com o saber: relação com o tempo; relação com os sistemas simbólicos; relação com as formas de atividade; relação consigo mesmo; relação com o mundo e relações com o outro. Após a coleta de dados, procedeu-se à análise dos mesmos por meio de análise qualitativa orientada pelo método do discurso do sujeito coletivo. Os resultados obtidos confirmaram o grande potencial da utilização das tecnologias de informação para a intelectualização do trabalho e a formação do engenheiro projetista estrutural, respeitando-se, contudo, algumas condições indispensáveis seja na forma de organização do trabalho quanto nos processos educacionais. Com essa tese, espera-se instigar professores e estudantes a se engajarem na discussão de temas que envolvem a Educação em Engenharia, gerando informações, significados, sentidos, novos conhecimentos, subsídios indispensáveis à reavaliação crítica e à renovação criativa do ensino de engenharia civil.

Palavras-chave: Educação em Engenharia; Tecnologias de Informação; Trabalho de Engenheiros Projetistas Estruturais.

ABSTRACT

The Engineering Education has evolved over time, but it still has a long path to go. The essence of this research is based on the issues concerning the relationship between changes in the work processes of structural engineers due to the increasing use of information technology, conditions that have contributed to the increase of the intellectualization of their activity and challenges to their formative period. I tried, this way, to explore the changes that are necessary in the training process of these professionals in order to put them up to the current societal demands. I adopted a qualitative methodology and exploratory research strategy. Thirteen structural engineers with professional experience between the years 1962 and 2002 were interviewed. The computerization of the structural projects offices occurred in the 1980s was taken as a milestone. Two groups of respondents were taken into account: the first consisting of the respondents graduated before 1980 and the second includes those who graduated after that date. The interviews were conducted following a script built on the constitutive relationships with the knowledge: relationship with the time; relationship with the symbolic systems, relationship with the type of activity, relationship with themselves, relationship with the world and relations to others. After gathering data, I proceeded to the analysis of that data by means of qualitative analysis method guided by the collective subject discourse. The results confirmed the great potential of using information technology for the intellectualization of work and of the structural design engineer, observing, however, certain prerequisites, are in the type of work organization and educational processes. This thesis is expected to bring teachers and students to engage in discussions on issues involving Engineering Education, which will generate information, meanings, sense and new knowledge, subsidies necessary for critical review and creative renewal of the structural engineering teaching.

Keywords: Engineering Education; Information Technologies; Work of Structural Engineers.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
A Construção Civil dentro do Contexto das Atuais Transformações Tecnológicas e Organizacionais	17
A Organização do Trabalho do Engenheiro Projetista Estrutural na Elaboração de Projetos	22
Inovações Tecnológicas no Trabalho do Projetista Estrutural: breve contextualização histórica	23
Metodologia: o percurso da pesquisa	25
CAPÍTULO I – A Atividade de Projeto Estrutural na Construção Civil	44
1 Introdução	44
2 A Construção Civil	45
2.1 Finalidades da Construção Civil	45
2.2 A Classificação Internacional	46
2.3 Os Subsetores da Construção no Brasil	47
2.4 Características Básicas da Produção na Construção Civil	48
2.4.1 Tipo de produção	50
2.4.2 Produção descentralizada	52
2.4.3 Variabilidade de produtos e não repetitividade	53
2.4.4 Não simultaneidade e descontinuidade	54
2.4.5 Dificuldade de padronização dos processos de trabalho	55
2.5 A organização do trabalho na Construção Civil	56
2.5.1 As fases do processo produtivo	56
a) Fases preliminares	56
b) O início da fase de execução	59
c) Aquisição dos meios de produção	61
3 Tendência Organizacional e Difusão Tecnológica no Subsetor de Edificações	65
4 As atividades de trabalho na elaboração de projetos estruturais	71
5 O Conceito de Projeto	75

6	A Importância do Projeto para a Eficiência na Construção Civil	78
7	Os Instrumentos de Cálculo na Área de Projetos	83
8	Autonomia Tecnológica	90
CAPÍTULO II – Implicações Sociotécnicas das Mudanças Tecnológicas no Trabalho de Engenheiros Projetistas		98
1	Introdução	98
2	Relações com o Saber e de Saberes	100
2.1	Relação com o tempo	100
	Tempo como engenheiro civil e tempo de atuação na área de projeto estrutural	101
	Tempo que utiliza informática no trabalho	102
	Tempo dedicado ao trabalho e tempo que passa trabalhando com o computador	103
2.2	Relação com os sistemas simbólicos.....	104
	Inovação tecnológica na área de projetos estruturais	104
	Utilização da tecnologia da informação na área de projeto estrutural	105
	Como os engenheiros lidam com a tecnologia da informação	106
	Vantagens da utilização da tecnologia da informação no trabalho..	107
	Desvantagens da utilização da tecnologia da informação no trabalho	109
	Saberes importantes para desenvolver projetos estruturais	111
	Considerações para a formação do aluno de engenharia civil	113
2.3	Relação com as formas de atividade	115
	Rotina de trabalho dos engenheiros	115
	Tipo de envolvimento que têm com a profissão	116
	Mudanças na organização do trabalho em função da informatização dos escritórios	116
	Consequências da evolução dos instrumentos de trabalho	119
	Necessidade de ter domínio do <i>software</i>	121
	Interferência dos softwares na autonomia dos engenheiros sobre seu trabalho	122

2.4	Relação consigo mesmo	124
	Relação dos engenheiros com a tecnologia da informação	124
	Utilização tecnologia da informação no trabalho: motivação ou obrigação?	129
	Interferência do hábito no uso de um instrumento de trabalho no aprendizado de um novo instrumento	130
2.5	Relação com o mundo dos instrumentos de cálculo	131
	Instrumentos de trabalho utilizados desde o início do trabalho na área de projetos estruturais	131
	Softwares que utilizam hoje	131
	Softwares que utilizam: você pode fazer modificações? Conhece todos os "parâmetros" que eles utilizam para fazer os cálculos?... ..	131
	Interferência da tecnologia no custo dos projetos	132
2.6	Relação com o outro	134
	Mudanças nas relações com os clientes, colegas de trabalho, arquitetos, desenhistas, estagiários, produtores de softwares e hardwares	134
	Exigências dos clientes em relação aos projetos	136
3	Tecnologias de Informação e Perspectiva de Maior Intelectualização do Trabalho do Engenheiro Projetista Estrutural	139
CONCLUSÕES		152
	Implicações Educacionais das Mudanças Tecnológicas no Trabalho de Engenheiros Projetistas	159
	A Intelectualização do Trabalho do Engenheiro Projetista Estrutural	164
	A Formação do Engenheiro Projetista Estrutural para o Novo Milênio	171
	Considerações finais	190
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		194
BIBLIOGRAFIA		202
APÊNDICE A		206

INTRODUÇÃO

Como desdobramento das inovações tecnológicas e organizacionais que vêm atingindo os processos de trabalho a partir dos anos 1980, alguns autores vêm defendendo a tese de que o trabalho humano estaria se tornando mais intelectualizado.

Dentre os autores precursores que trataram desta questão podem ser mencionados: Benjamin Coriat com suas obras “Autômatos, robôs e a classe operária” (1983), “A revolução dos robôs” (1989), “Ohno e a escola japonesa de gestão da produção: um ponto de vista de conjunto” (1993) e “Pensando pelo avesso: o modelo japonês de trabalho e organização” (1995); Michel Freyssenet com “Divisão capitalista do trabalho” (1989), “Formas sociais de automatização e experiências japonesas” (1993) e “*Quelques pistes nouvelles de conceptualisation du travail*” (1994); André Gorz em “Crítica da divisão do trabalho” (1989); David Harvey com “Condição pós-moderna” (1993); Jean Lojkin “A revolução informacional” (1995); Hubert Schmitz com “Automação microeletrônica e trabalho: a experiência internacional” (1988); Michael Shumann com “O futuro do trabalho na indústria automobilística alemã” (1992) e Philippe Zarifian com “Trabalho e comunicação nas indústrias automatizadas” (1993) e “Sobre o modelo japonês”, também de 1993. Desde então, a lista dos autores e obras sobre o assunto vem se ampliando consideravelmente, fazendo o debate sobre o tema ganhar amplos fóruns e espaços

acadêmicos e não acadêmicos.

A maioria dos autores supracitados entende que as novas tecnologias e as novas formas de organização do trabalho apontaram para a substituição do paradigma taylorista-fordista, reconhecido como estratégia desqualificadora do trabalho, por um novo paradigma organizacional que traria oportunidades para a re-qualificação / intelectualização da atividade humana de trabalho.

De fato, a partir da década de 70, a informática e a microeletrônica trouxeram a automação programável que se contrapôs à automação rígida, predominante nos processos produtivos da indústria até esta época.

Para Schumann (1992), com a automação programável, a nova organização fabril passou a fazer um novo aproveitamento da força de trabalho: mudança no trato com o trabalho humano, a remoção da divisão de trabalho e a ampliação da competência.

Coriat (1988) e Freyssenet (1992), contudo, afirmaram que não há uma relação direta entre mudança tecnológica e mudança do conteúdo do trabalho. Coriat (1988) ressaltou que a sofisticação dos equipamentos não é indicadora de novidade conceitual ou organizacional no trabalho, pois as novas tecnologias poderiam ser suporte para a clássica organização taylorista-fordista do trabalho.

Freyssenet (1992) interveio neste debate para dizer que a intelectualização do trabalho depende da opção política da empresa na implantação da automação, distinguindo duas formas de implantação. Uma

forma seria prescritiva onde ocorre uma maior divisão do trabalho, substituição do trabalho vivo e, conseqüentemente, um empobrecimento dos conteúdos do trabalho, não se diferenciando dos padrões tayloristas-fordistas. A outra forma seria não prescritiva, qualificadora, que permitiria uma maior autonomia dos trabalhadores e o desenvolvimento de novos e enriquecidos conteúdos no processo de trabalho, assim como importantes modificações na divisão do trabalho.

Schmitz (1988) também questionou a relação automática entre as novas tecnologias (automação programável) e a ampliação qualitativa dos conteúdos do trabalho. Segundo este autor, as estratégias e enfoques dos administradores é que determinam a qualidade dos conteúdos do trabalho. Se optarem por um maior controle do processo produtivo, as novas tecnologias poderão desqualificar os postos de trabalho. Caso a opção seja feita pela diminuição da separação entre concepção e execução, os conteúdos do trabalho poderão sofrer um processo de intelectualização, levando a uma maior compreensão global pelo trabalhador do processo produtivo, maior autonomia sobre o trabalho e capacidade de lidar com situações de variabilidade.

Coriat (1995), quando estudou o método japonês de organização do trabalho, destacou que a desespecialização do trabalho operário e do trabalho geral da empresa, caracterizada pela reassociação de tarefas antes separadas pelo taylorismo, tais como, execução, programação e controle de qualidade, conduzia a um conteúdo de trabalho mais intelectualizado.

Já Freyssenet (1989) afirmou que a reagregação de tarefas pode ocorrer sem exigir uma maior competência dos trabalhadores, se o conteúdo das tarefas reagrupadas for empobrecido.

Coriat (1993) destacou como critério importante da intelectualização do trabalho no modelo japonês a diminuição das diferenças entre trabalhadores da produção (“colarinhos azuis”) e trabalhadores administrativos (“colarinhos brancos”), expressa, por exemplo, na junção de funções como operação e programação de equipamentos.

Coriat (1993) ressaltou também o princípio básico do método japonês de organização, a flexibilização de tarefas, como forma de intelectualização do trabalho. Neste, é introduzido o princípio da atribuição de tarefas moduláveis e variáveis, segundo o qual o trabalhador não deve ficar fixo num ponto, mas inserir-se na flexibilidade de tarefas, tornando-se multifuncional. Destacou, assim, a importância do conceito de polivalência.

A dissolução do trabalho direto e a extensão do trabalho indireto poderiam também ser vistas como um movimento em direção à abstração do trabalho. A intelectualização do trabalho se daria em razão da necessidade da capacidade de ler, interpretar e decidir com base em dados formalizados e fornecidos pelas máquinas.

Zarifian (1993) analisou a intelectualização do trabalho na comunicação que se realiza no espaço social da produção. O autor identificou o conceito de informação como o elemento fundamental de análise das atuais transformações tecnológicas e organizacionais. Apontou

que é no sistema de informação e a partir dele que, nas indústrias automatizadas, reside o foco central sobre os novos conteúdos do trabalho humano. Para ele, pode existir um verdadeiro trabalho de concepção, de escolha, de formatação, de transformação das informações julgadas pertinentes e significantes, com a participação ampla dos operários. A esfera do trabalho mais intelectualizado dependeria, portanto, do trabalho sobre a informação.

Pautado na abordagem centrada nas atividades comunicacionais, Zarifian (1993) apontou que uma importante característica da intelectualização do trabalho no processo produtivo estaria no gerenciamento de eventos imprevisíveis, que depende fortemente da capacidade de diagnóstico e intervenção do trabalhador. O autor não indicou o fim da divisão do trabalho, mas sua realocação nas dimensões de gestão e de comunicação nos contextos automatizados. Cada vez mais, o trabalho apareceria como atividade de relacionamento e de elaboração / aplicação de decisões formalizadas de gestão, sob uma nova racionalidade, onde a cooperação e o domínio da linguagem seriam suportes indispensáveis. Segundo o autor, a tendência é de que o sistema técnico automatizado se torne um mediador não predominante mais entre homens e objetos, mas entre os próprios homens (cooperação). É nas atividades implícitas nas cooperações que se poderia apontar para a intelectualização do trabalho.

Ao analisar as tendências do trabalho na indústria automobilística alemã, Schumann (1992) verificou a presença do trabalho

desqualificado paralelamente ao trabalho intelectualizado. O autor apontou quatro modalidades de trabalho presentes: o trabalho manual executado sobre o produto, o trabalho manual realizado nas máquinas, o trabalho de comando das máquinas e instalações e o trabalho de regulação dos sistemas automatizados. Este último constituído por conteúdos mais intelectualizados, tarefas indiretas realizadas em equipas integradas, demandaria maior qualificação e aprendizado profissional.

As abordagens utilizadas pelos autores se diferenciam por privilegiarem determinados aspectos em detrimento de outros, algumas enfatizando as tarefas, outras o processo produtivo mais amplo, outras as relações interpessoais demandadas pelas novas tecnologias e novas formas de gestão.

Estes precursores nos estudos sobre a relação entre mudança tecnológica e qualificação do trabalho não firmaram um consenso com relação ao conceito de intelectualização do trabalho no contexto destas transformações na organização dos processos de produção e trabalho. Estes autores analisaram o tema sob diferentes perspectivas e a partir de diferentes critérios, tais como:

- a) O uso do critério baseado na composição ocupacional das empresas, a partir da introdução das novas tecnologias e novos modelos de gestão: neste sentido, a aproximação (ou até o fim da separação) entre os trabalhadores da produção (“colarinhos azuis”) e os trabalhadores da administração (“colarinhos brancos”) estaria possibilitando uma maior intelectualização do trabalho.
- b) O uso do critério baseado na integração e flexibilidade de tarefas, tanto a nível da produção, como a nível geral da empresa. Se, de um lado, a integração de tarefas possa levar a uma redução da divisão verticalizada de trabalho, de outro, questiona-se, como Freyssenet, se a integração de tarefas não

resultaria em uma ampliação do trabalho e não um enriquecimento do trabalho, como possa se supor;

c) O uso do critério baseado no tipo de automação: a automação flexível e sistêmica como suporte para um trabalho mais intelectualizado, enquanto que as formas de automação rígida, fixa, ou parcial nada mais significariam do que intensificação e precariedade do trabalho;

d) O uso do critério ligado aos tipos de conteúdo do trabalho: a predominância de conteúdos indeterminados (não prescritos, não seqüenciais, variáveis) indicaria uma maior intelectualização do trabalho, enquanto que, a predominância de conteúdos determinados (prescritos, seqüenciais, invariáveis) indicaria a presença de trabalho não (ou menos) intelectualizado;

e) O uso de critérios onde o trabalho mais intelectualizado seria aquele que demandaria forte ação coletiva (trabalho em equipe, cooperação, etc), predominando sobre o trabalho restrito à ação fixa e individualizada;

f) O uso de critérios onde o trabalho intelectualizado seria um trabalho indireto, que lidaria, basicamente, com o fluxo de informações e comunicação adjacente ao processo produtivo;

g) O uso do critério baseado na ausência de especialização específica: o trabalho intelectualizado seria aquele que não mais demandaria de uma especialização única, de caráter técnico-profissional (como predominou no taylorismo-fordismo), mas de uma múltipla especialização (que permitisse a integração de tarefas, a polifuncionalidade ou polivalência)." (YORDAKY, 1996).

Algumas características formam um núcleo consensual acerca da tendência ao aumento da intelectualização do trabalho com o advento das novas tecnologias e mudanças nas formas de organização do trabalho. Dentre elas, podem ser destacadas:

a) O predomínio do trabalho indireto (capacidade de ler, interpretar dados e decidir) sobre o trabalho direto;

b) Domínio de acontecimentos previstos e imprevistos (capacidade de diagnóstico);

c) Atividade voltada para a inovação (conhecimentos amplos sobre o processo);

d) Domínio de linguagens diferenciadas e do fluxo de informações (habilidades intercomunicativas);

e) Elaboração conceitual e abstrata.(YORDAKY, 1996).

O consenso entre estes autores sobre a intelectualização do trabalho está no tipo de trabalho frente às novas tecnologias e formas de gestão, caracterizando-se por atividades abstratas crescentes, resgatando a unidade entre concepção e execução, um trabalho mais coletivo e adaptado à variabilidade de situações, necessitando de uma aprendizagem constante e alicerçada numa sólida formação geral.

A CONSTRUÇÃO CIVIL DENTRO DO CONTEXTO DAS ATUAIS TRANSFORMAÇÕES TECNOLÓGICAS E ORGANIZACIONAIS

O setor da Construção Civil apresenta uma enorme variedade de atividades que se incluem em três subsetores: construção pesada, montagem industrial e edificações.

Diretamente ligadas às atividades destes subsetores estão atividades diferenciadas, classificadas como de “serviços especiais e/ou auxiliares”, entre elas as projetistas, consultorias diversas em qualidade, meio ambiente, segurança do trabalho.

A grande variedade de atividades da Construção Civil dificulta uma análise do seu desenvolvimento tecnológico como um todo. Embora seus subsetores se diferenciem por terem características do seu processo produtivo em graus diferentes de industrialização, nenhum deles apresenta um tipo de produção predominantemente industrial. O que predomina é o processo produtivo tradicional, onde os elementos principais

da construção são obtidos no próprio canteiro de obras, através da utilização de materiais naturais e com o uso intensivo da mão de obra, com uma combinação de métodos de mecanização, em que a máquina substitui apenas a força muscular dos operários, ou seja, as operações mais pesadas.

No entanto, a necessidade de se obter uma maior eficiência na Construção Civil, em função de uma maior exigência dos clientes e um mercado cada vez mais competitivo, tem incentivado as empresas do setor a adequarem os métodos construtivos, executados pelos métodos tradicionais, implantando novas tecnologias no processo produtivo. Muitas empresas construtoras têm buscado alternativas de produção na tentativa de obter aumento de produtividade e da qualidade intrínseca do produto e redução de custos de produção, com a redução de retrabalho e desperdícios de tempo e materiais.

Apesar da produção da Construção Civil ser pouco industrializada, ao longo dos últimos anos, surgiram inovações tecnológicas e organizacionais nos processos de produção e trabalho do setor, abrangendo: os materiais, os equipamentos, as técnicas construtivas e a organização do trabalho. Como exemplo, surgiram no subsetor de edificações novas tecnologias aplicadas em materiais e componentes (cimento, argamassa, concreto, gesso, polímeros, PVC, cerâmicas); em elementos e sistemas construtivos (pré-fabricados, pisos, revestimentos); em instalações e saneamento (instalações hidráulicas, instalações elétricas, fossas sépticas); em segurança ao fogo (prevenção de incêndios,

reação ao fogo dos materiais de construção); em acústica (isolamento sonoro); em patologias construtivas e manutenção (corrosão, trincas, bolor, umidade). Algumas inovações em sistemas construtivos baseados na pré-fabricação de elementos antes produzidos no próprio canteiro transformam o processo de construção em sistemas de montagem. Dentre estas, podem ser citadas: vedações verticais em gesso acartonado; fachadas pré-moldadas; instalações hidráulicas em sistema PEX, banheiros prontos e reservatórios pré-fabricados em fibra de vidro; esquadrias prontas; sistemas de formas e escoramentos metálicos; estruturas metálicas; utilização de equipamentos como guias, andaimes fachadeiros motorizados, elevadores de carga e passageiros do tipo cremalheiras e instrumentos eletrônicos de medição e controle como nível *laser* e trena eletrônica; soluções arquitetônicas que utilizam *shafts* horizontais e verticais para passagem de sistemas prediais (JOBIM; SABOY, 2001). Como inovação em tecnologia organizacional pode-se citar o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat, que visa organizar o setor da Construção Civil em torno da melhoria da qualidade no habitat e da modernização produtiva e a ISO 9000, que modifica as normas tendo em vista um modelo de gestão da qualidade do setor.

O emprego de novas tecnologias com o objetivo de se obter uma maior eficiência na construção não pode se limitar a uma mera substituição de componentes das tecnologias tradicionais. Inovações tecnológicas não podem ser implantadas no processo de trabalho da Construção Civil se não houver um preparo dos recursos humanos e estes não estiverem

receptivos às inovações. Diante disto, pode-se levantar a hipótese de uma possível intelectualização do trabalho na construção civil em razão da implantação de novas tecnologias.

Para se obter a potencialização da produção e da produtividade, deve-se adotar medidas de racionalização, efetivando ao máximo os processos construtivos, otimizando o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais e energéticos disponíveis na construção em todas as suas fases, desde a concepção.

A elaboração dos projetos, juntamente com a contratação da obra, é uma fase preliminar da Construção Civil, que antecede a execução da obra e define toda a estrutura organizacional, financeira e técnica presente no processo, tendo então grande importância como condicionante do processo produtivo (CHAVES, 1985).

A fase de elaboração de projetos da Construção Civil tem um peso enorme na qualidade do produto final. O professor Messeguer (*apud* BEDÊ, 1998), pesquisador do Instituto Eduardo Torroja, de Madrid, concluiu que um diagnóstico de qualidade poderia ser obtido a partir da hierarquização das frequências com que os problemas ocorridos nas construções têm sua origem nas diversas etapas do processo. Os dados recolhidos por Messeguer, na Europa, oferecem resultados estatísticos semelhantes para o grupo de países pesquisados: fabricação de materiais e componentes, 15 a 20%; execução da obra, 25 a 30 %; projeto, 40 a 45% e uso, 10%.

No que diz respeito ao Brasil, o levantamento estatístico da origem de problemas nas construções certamente apontaria percentuais de comprometimento tão significativos para as diversas etapas do processo quanto os obtidos pela pesquisa europeia.

O projeto estrutural tem a particularidade de ser intermediário entre o projeto arquitetônico e os complementares. A compatibilização destes projetos é de suma importância, pois ela interfere diretamente na qualidade da obra, uma vez que é por meio desta compatibilização que é possível a antecipação de problemas, evitando-se assim desperdícios e ganhando economia.

Eis que o projetista estrutural produz as plantas com as quais a obra é realmente executada, sendo o verdadeiro integrador dos projetos arquitetônico e complementares, já que é a sua planta de locação que demarca a execução da obra. (TQS News, 2001)

O engenheiro projetista teve como grande inovação em seu trabalho a tecnologia da informação, como importante e essencial instrumento de trabalho, marcada pela informatização dos escritórios de cálculo que se deu a partir do início da década de 80, mais significativamente na década de 90 do século passado. Hoje não é possível desenvolver um projeto estrutural sem a utilização desta tecnologia. Vale questionar, contudo, sobre a qualidade da mudança do trabalho do engenheiro projetista estrutural, sobre os efeitos desta inovação tecnológica; se ela provocou inovações organizacionais em sua atividade e se esta tem se tornado mais intelectualizada.

A importância deste questionamento diz respeito aos ajustes que podem se mostrar necessários em políticas e programas de formação inicial e continuada de engenheiros civis e, especificamente, de engenheiros projetistas estruturais, em currículos e procedimentos pedagógicos de cursos de Engenharia Civil e especializações. Esta tese objetiva, portanto, explorar as mudanças que se fazem necessárias no processo de formação destes profissionais, tendo em vista colocá-lo à altura das exigências societárias atuais.

A ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO DO PROJETISTA ESTRUTURAL NA ELABORAÇÃO DE PROJETOS

O trabalho do projetista estrutural, também chamado de engenheiro calculista, é de extrema responsabilidade e deve ser feito em concordância com os projetos de outros profissionais tais como arquitetos, engenheiros com diversas especialidades, dentre outros.

O projetista estrutural inicia sua atividade pela análise do projeto arquitetônico. Cabe-lhe conceber a estrutura, que constitui, segundo Chaves (1985), o conjunto de peças destinadas a formar um quadro suficientemente rígido e resistente, que possa suportar todos os esforços decorrentes do peso dos elementos constituintes do prédio, assim como o das cargas acidentais, definidas pela norma NBR 6118/2003: peso de pessoas, móveis, dentre outros.

Com a concepção da estrutura, obtém-se, então, a sua forma com dimensões estimadas. O próximo passo será o dimensionamento da estrutura a partir do levantamento das cargas a serem lançadas e, sequencialmente, da realização do cálculo dos esforços. Com o resultado deste cálculo, o calculista faz o detalhamento da estrutura, produzindo desenhos detalhados das peças constituintes da mesma. O projeto estrutural consiste em vários desenhos que correspondem à representação da planta de locação, da fôrma e da armação.

Durante todo este processo são necessárias reuniões periódicas com os profissionais envolvidos nos demais projetos, ou seja, os profissionais que executarão a obra, os clientes e os profissionais dos projetos complementares com o objetivo de compatibilizar soluções afins.

INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NO TRABALHO DO PROJETISTA ESTRUTURAL: BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

Inicialmente, nos primórdios, os cálculos numéricos eram feitos manualmente com a ajuda de “tábuas de logaritmos” as quais facilitavam as operações de multiplicação, divisão, potenciação e radiciação.

A partir de 1910, no Brasil, os engenheiros calculistas passaram a contar com as “régua de cálculo” no seu trabalho. Estes instrumentos, apesar de apresentarem precisão limitada pelo seu comprimento, constituíram um grande avanço no cálculo de estruturas e grande aliado dos engenheiros. (VASCONCELOS, 1992).

Com o aparecimento dos primeiros computadores, a entrada dos dados para o cálculo era feita com cartões perfurados, o que demandava muito tempo e ainda figurava um fator inconveniente que era o longo tempo de processamento. Contudo, a impossibilidade de se fazer cálculos manualmente em períodos de tempo mais curtos, e com grande precisão, em muitos casos, justificava a utilização destes instrumentos de cálculo.

A gestão do processo de elaboração de projetos com a evolução tecnológica passa a adotar o sistema de processamento eletrônico de cálculos.

Os primeiros computadores que apareceram no Brasil na década de 60 representavam custos excessivamente altos para os escritórios de engenharia, que inicialmente não puderam obter tais equipamentos. Assim, os processamentos eletrônicos dos cálculos eram feitos por terceiros.

Em 1968, foi introduzida a primeira máquina programável de pequeno porte no Brasil e com ela surgiu a possibilidade de produção de programas específicos nos próprios escritórios. Na geração seguinte de computadores, surgiu o computador de bolso, permitindo ampliar bastante as possibilidades de aplicações. Posteriormente, a evolução da computação se consolida com a chegada dos computadores pessoais (PCs), que se tornaram os grandes mediadores do instrumento de trabalho do engenheiro projetista estrutural de hoje: a tecnologia da informação.

O trabalho do engenheiro projetista estrutural é potencializado pela tecnologia da informação, conferindo maior eficiência aos cálculos, tornando os resultados mais rápidos, precisos e seguros, e possibilitando o aprofundamento de estudos, fornecendo maior acessibilidade e troca de informações.

METODOLOGIA: O PERCURSO DA PESQUISA

Para o desenvolvimento desta tese, optou-se pela pesquisa qualitativa por ser mais adequada à análise do objeto: as relações entre as mudanças nos processos de trabalho dos engenheiros projetistas estruturais decorrentes da inserção dos sistemas de informação, das perspectivas de maior intelectualização do seu trabalho e as implicações para sua formação. A abordagem qualitativa, neste caso, mostrou-se mais apropriada por trabalhar, segundo Minayo (2001, p.14):

[...] com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis.

Como em todo campo social, a pesquisa em educação se caracteriza por estabelecer uma maior aproximação entre sujeito e objeto. Beneficia-se da abordagem qualitativa, pois esta traz ao investigador a oportunidade de lidar mais diretamente com as expressões humanas presentes nas relações, nos processos, nos sujeitos e nas representações (BAHIA, 2003).

A estratégia de pesquisa utilizada para esta tese é a pesquisa exploratória, com o objetivo de promover incrementos na familiaridade com o problema em estudo. “A pesquisa exploratória procura conhecer as características de um fenômeno para procurar explicações das causas e consequências de dito fenômeno” (RICHARDSON, 1989, p. 281), tornando-o explícito, buscando o aprimoramento de idéias, promovendo a descoberta de intuições. Em geral, nas pesquisas exploratórias é realizado um levantamento bibliográfico, acompanhado de entrevistas na busca de experiências e práticas profissionais relativas à questão em pesquisa. A análise de exemplos que instiguem a compreensão flexibiliza o planejamento da pesquisa, possibilitando a consideração de variados aspectos relativos ao fato estudado. (GIL, 2002, p.41)

A coleta e o tratamento dos dados se orientaram pelas categorias estabelecidas por Charlot (2000) para estudar relações com o saber e relações de saberes. Trata-se de formulação que dialoga com as perspectivas sociológica, filosófica, antropológica e psicológica das relações subjetivas que envolvem os saberes.

Em seu estudo da relação do sujeito com o saber, este autor define as figuras do saber e propõe a ideia de uma sociologia do sujeito. Para Charlot (2000), o sujeito constitui-se por meio de processos psíquicos e sociais que podem ser analisados, pois é definido como um conjunto de relações: consigo mesmo, com os outros e com o mundo. A relação de saber é uma forma de relação com o mundo, sendo, portanto um conjunto de relações com o mundo como um conjunto de significados, e também

como espaço de atividades, e se inscreve no tempo. Esse tempo é o tempo da história da espécie humana que transmite um patrimônio a cada geração; é o tempo da história do sujeito; é o tempo que engendrou o sujeito e o tempo que este sujeito engendrará. Assim sendo, o tempo constitutivo do conceito de relação com o saber se desenvolve em três dimensões que se interpenetram e se superpõe uma à outra: o presente, o passado e o futuro.

Muitos são os saberes que um engenheiro projetista deve aprender para exercer suas atividades. Desde a sua formação na escola e durante a sua vida profissional, este profissional é confrontado com saberes que se apresentam sob formas denominadas por Charlot (2000, p.66) como as “figuras do aprender” (ou do saber).

As primeiras “figuras do aprender” apresentadas por Charlot (2000, p.66) são os denominados “objetos-saberes”, “*objetos aos quais um saber está incorporado*”. Dos objetos-saberes com os quais os engenheiros calculistas são confrontados, podemos ressaltar os livros, normas técnicas, revistas técnicas onde estão incorporados saberes tais como resistência dos materiais, mecânica, estática, propriedades e características de materiais de construção, métodos de cálculo, dimensionamento e detalhamento de estruturas.

Em seguida, estão os “objetos cujo uso deve ser aprendido” dos quais podemos citar os instrumentos de trabalho do engenheiro calculista: escalímetro, trena, prancheta, esquadros, régua paralela, calculadoras, os computadores e, com estes, os *softwares*, *internet*, dentre outros.

Atividades a serem dominadas, que podemos chamar de habilidades cognitivas: elaborar projetos; construir modelos empregados no estudo de estruturas; operacionalizar, analisar e interpretar dados numéricos; expressar graficamente.

Dispositivos relacionais (habilidades relacionais): cativar a confiança do cliente, discutir o projeto e saber se relacionar com diversos profissionais envolvidos no mesmo e demais profissionais que trabalham em seu escritório, dentre outros.

Todos estes saberes são importantes nas atividades de trabalho do engenheiro calculista e apesar de se apresentarem em diferentes “figuras do aprender”, não são independentes, estão interligados uns aos outros.

Em síntese, as relações de saber são compostas pelo conjunto de relações que o sujeito estabelece: com o mundo, com o outro, consigo mesmo, com os sistemas simbólicos, com as formas de atividade e com o tempo.

Segundo Charlot (2000), “*não existe saber por si só. Existe relação com o saber*”. Especificamente os objetos desta tese, entre outros, são: relações com novas tecnologias, mudanças no processo de trabalho, demandas de formação, rede de relações a partir do uso dos sistemas de informação, reconfiguração das atividades exercidas nos escritórios de projeto estrutural, entre outros.

Estas relações são denominadas por Charlot (2000, p.80) como relações constitutivas da relação com o saber e categorizadas como: relações com o tempo, com as formas de atividade, com o outro, com os sistemas simbólicos, com o mundo e consigo mesmo.

O conteúdo das informações obtidas nas entrevistas foi, portanto, organizado por seis categorias de análise:

a) Relação com o mundo dos instrumentos de cálculo

Buscou-se conhecer nesta categoria os instrumentos de cálculo que o engenheiro utilizava quando começou a trabalhar com projeto estrutural, os instrumentos que utiliza hoje e, no caso de trabalhar com sistemas de informação, que tipos de *software* utiliza, se desenvolvidos por ele mesmo, pelo escritório em que trabalha ou comprados.

b) Relação com o outro (relações de saber)

Com base em Charlot (2000, p.85), relações de saber podem ser definidas como relações sociais entre profissionais que atuam em uma mesma área, consideradas sob o ponto de vista do aprender, relações sociais fundadas sobre as diferenças de saber, com cada profissional mantendo, por um lado, uma relação com o saber.

Na relação com o outro, buscou-se junto aos entrevistados o conhecimento de quantos e quais profissionais trabalhavam no seu escritório, se a utilização dos sistemas de informação vem modificando a relação com os clientes, com outros engenheiros, arquitetos, desenhistas, estagiários e de que forma esta relação se estabelece.

Em relação aos clientes, buscou-se saber se houve mudanças na exigência destes em relação aos projetos estruturais feitos com a utilização dos sistemas de informação.

Em relação aos *softwares*, caso utilize um *software* com código fonte fechado, como ele percebe a relação de dependência profissional com relação aos produtores destes programas.

c) Relação consigo mesmo

Pesquisou-se o modo de relação do engenheiro com a tecnologia informática, se ele aprecia sua utilização, se tem facilidade, se é curioso em relação aos instrumentos ou se os utiliza somente por imperiosidade ou imposição.

Procurou-se verificar se os engenheiros apresentam discrepâncias com relação às dificuldades ou facilidades de relacionamento com tais tecnologias independentemente de alguns atributos como a idade e tempo de formação e, ainda, se dentre eles há resistentes, não motivados a aprender.

Igualmente, foi pesquisado, se o hábito ou a prática de usar um instrumento de cálculo mais antigo (máquina de calcular ou até mesmo régua de cálculo) interfere no aprendizado dos novos sistemas informáticos de cálculo.

d) Relação com os sistemas simbólicos

Indagou-se, também, sobre os valores evocados pelos engenheiros projetistas entrevistados sobre o que seria uma evolução tecnológica na área de projetos e sobre o que eles pensam sobre a utilização da informática no seu trabalho, especificando suas vantagens e desvantagens. E, também, sobre qual é a sua percepção em relação à utilização dos novos instrumentos de trabalho por engenheiros com diferentes idades, formação e perfil.

Finalmente, nesta categoria de relações, procurou-se saber das considerações que eles fazem para um profissional recém-formado que deseja seguir a carreira de engenheiro projetista estrutural.

e) Relação com as formas de atividade

Os entrevistados foram perguntados sobre quais atividades exercem atualmente (tipos de projetos e se exercem outra atividade profissional fora do escritório), incluindo na pesquisa relatos sobre as rotinas de trabalho do engenheiro projetista e o tipo de envolvimento que ele tem com a profissão (se aficionado ao trabalho, se tem disponibilidade

para o lazer, para o exercício de outras atividades fora da profissão, para a prática de *hobbies*).

Quais alterações estariam ocorrendo na organização do trabalho (na maneira de trabalhar, no número de profissionais envolvidos no trabalho)?

Quais demandas precisam atender: que nível de domínio sobre *softwares*? Possibilidade de interferência do uso destes programas sobre a autonomia destes profissionais. Compreensão dos engenheiros entrevistados sobre os saberes que considera importantes para desenvolver suas atividades no desenvolvimento de projetos.

f) Relação com o tempo

Sobre a relação com o tempo buscou-se levantar dados sobre tempo de formado, início da experiência de trabalho como projetista estrutural, desde quando o entrevistado se utiliza dos sistemas informáticos no trabalho, quanto tempo disponibiliza para o seu trabalho, bem como o tempo de trabalho gasto com um computador.

Foram, portanto, realizadas entrevistas semi-estruturadas, que partiram de uma estrutura básica, de modo a permitir não só detectar novos aspectos, como também acrescentar novos elementos ou dimensões, na medida em que transcorreram.

Foram utilizadas perguntas fechadas para dados referentes ao perfil do entrevistado, tais como ano de formatura, tempo de trabalho na área de projetos estruturais e atividades profissionais que exerce. As demais perguntas foram abertas, pois o objetivo era o de obter percepções e interpretações do engenheiro sobre o trabalho na área de engenharia estrutural, dando aos entrevistados a oportunidade de falar mais livremente e permitindo explorar suas respostas.

Segundo Lefèvre e Lefèvre (2003),

[...] é preciso fazer perguntas abertas para um conjunto de indivíduos de alguma forma representativos de uma coletividade e deixar que esses indivíduos se expressem mais ou menos livremente, ou seja, que produzam discursos. Para se saber o que uma pessoa, ou um conjunto de pessoas, pensa é preciso perguntar de um modo a ensejar que as pessoas expressem um pensamento, o que só pode ser feito através de questões abertas.

O roteiro de entrevistas (APÊNDICE A) foi elaborado com o objetivo de orientar o entrevistador e foi baseado nas questões elaboradas segundo as categorias de Charlot.

As entrevistas foram marcadas previamente de acordo com a disponibilidade dos entrevistados para que estes estivessem receptivos e preparados para dar informações. As mesmas foram gravadas com o consentimento dos entrevistados e as gravações foram transcritas. As transcrições estão arquivadas garantindo a auditagem.

Os entrevistados foram engenheiros projetistas que atuam em Belo Horizonte e foram selecionados a partir de sua participação em um seminário, realizado em 2002, sobre as mudanças propostas para a revisão

da norma ABNT NBR 6118, que é a norma base para os cálculos estruturais. Neste evento tiveram participação, como palestrantes, engenheiros calculistas responsáveis por importantes estudos e projetos no Brasil.

A seleção dos entrevistados foi feita considerando-se um universo de engenheiros de diferentes tempos de formação e trabalho na área de engenharia estrutural.

Foram entrevistados treze engenheiros graduados entre 1962 e 2000, período de grande evolução tecnológica dos instrumentos de trabalho dos engenheiros projetistas estruturais. Destes engenheiros, apenas um não se graduou na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), mas especializou-se na Escola de Engenharia da UFMG (E.E.UFMG) e chegou a cursar disciplinas isoladas do Curso de Mestrado em Engenharia de Estruturas da E.E.UFMG.

Pode-se observar que a maioria dos calculistas de Belo Horizonte foram formados pela UFMG. Sendo o cálculo estrutural considerado de enorme responsabilidade, é preciso uma formação acadêmica onde haja uma grande preocupação com esta área de trabalho, que normalmente se observa nas universidades públicas. O curso de engenharia civil da UFMG sempre foi um curso bastante voltado para a engenharia de estruturas, o que pode ser percebido pela ênfase dada às disciplinas relacionadas ao cálculo estrutural, destaque que pode ser traduzido pelo número de disciplinas e cargas horárias e uma grande exigência de desempenho nas provas avaliativas.

É importante ressaltar, que quando se fala em cálculo estrutural, fala-se de um mercado bastante restrito, sobre o qual se poderia quase afirmar que são escritórios que passam de pais para filhos. Pode-se falar o mesmo das construtoras, que apesar de terem esta mesma conotação, absorvem um número bem maior de profissionais, por ser um campo muito mais amplo, que envolvem pequenas a grandes obras.

Para efeito de apresentação dos dados relativos às entrevistas realizadas, os entrevistados foram identificados por meio de letras maiúsculas de A a M, que não apresentam qualquer relação com seus nomes, apenas a ordem cronológica das datas de suas formaturas. Essa identificação foi feita de forma a preservar a identidade dos entrevistados.

A seguir, o perfil dos entrevistados com base em um breve histórico de suas trajetórias na área de engenharia de estruturas é apresentado.

Entrevistado A: formou-se em Engenharia Civil, pela UFMG, em 1962. Seu primeiro contato com a área de projeto estrutural foi um estágio, como estudante, em um escritório com práticas na área de concreto protendido. Como profissional, foi em 1970, ao retornar de seu mestrado no exterior e de seu doutorado no Rio de Janeiro, quando começou a trabalhar como projetista estrutural. Associou-se a outro engenheiro para montar um escritório. A partir de 1970, por doze anos trabalhou simultaneamente em seu escritório e lecionou em Universidades, para cursos de graduação em Engenharia Civil e

cursos de extensão. A partir de 1982 passou a se dedicar exclusivamente ao ensino de engenharia.

Entrevistado B: formou-se em 1964 em Engenharia Civil pela UFMG. No curso de graduação, foi monitor de Resistência dos Materiais, cadeira ligada à área de estruturas, o que o despertou para trabalhar na área. Em 1965 teve oportunidade de iniciar seu trabalho na área de engenharia de estruturas. Sempre trabalhou com estruturas relacionadas à água: usinas hidrelétricas, estações de tratamento de água, reservatórios em geral e alguns cálculos prediais. Foi professor de curso de Engenharia Civil e está aposentado desta atividade desde 1994. À época da entrevista era diretor de uma empresa de engenharia.

Entrevistado C: formou-se em Engenharia Civil em 1967 pela UFMG. Começou a trabalhar na área de projeto estrutural em 1968, em uma obra de uma barragem que foi construída por um consórcio formado por três empresas de engenharia, quando participou da fase de projetos e acompanhou a construção. À época da entrevista possuía seu próprio escritório onde desenvolvia projetos prediais. Era, também, professor na área de engenharia de estruturas.

Entrevistado D: Formou-se em 1971 em Engenharia Civil pela UFMG. Teve oportunidade de emprego na área de engenharia de projetos dois

meses antes de se formar. Foi motivado a ficar na área por trabalhar com uma equipe de uma empresa muito conceituada no Brasil que, na época, estava em fase de marcante crescimento. Por doze anos lecionou a disciplina de concreto pretendido para o curso de engenharia civil. À época da entrevista possuía seu próprio escritório especializado em projetos de obras industriais, pontes e viadutos, além de projetos na área de saneamento, tratamento de esgoto e de água.

Entrevistado E: formou-se em Engenharia Civil pela UFMG em 1975.

Começou a trabalhar na área de projeto estrutural em 1973, como estagiário, primeiro em uma firma de estruturas metálicas e depois passou a estagiar no escritório de seu pai com projeto de concreto armado. Assim que se formou foi contratado por uma empresa de engenharia de projetos para trabalhar como engenheiro calculista. A partir de 1977, passou a trabalhar em seu próprio escritório.

Entrevistado F: formou-se em Engenharia Civil pela Faculdade Kennedy

em 1976. É especialista em engenharia de estruturas pela UFMG. Começou a trabalhar com projeto estrutural a partir de 1980 em uma empresa de Engenharia onde permaneceu por cinco anos. Em seguida, montou seu próprio escritório, em atividade à época da entrevista e onde trabalhava com projetos estruturais de edificações e projetos de saneamento.

Entrevistado G: formou-se em Engenharia Civil pela UFMG em 1977.

Começou a trabalhar na área de engenharia de projetos em 1978. Trabalhou quatorze anos em uma grande empresa de engenharia no setor de Estruturas de Concreto e de Fundações, paralelamente lecionava para curso de graduação em Engenharia Civil. À época da entrevista dedicava-se ao ensino de Engenharia Civil e prestava consultorias e assessorias técnicas na área de estruturas.

Entrevistado H: formou-se em Engenharia Civil pela UFMG em 1980.

Quando estava cursando o quinto período do curso de graduação, iniciou um estágio em uma grande empresa de engenharia, onde teve a possibilidade de passar por várias áreas: desenho, saneamento, projeto elétrico e estrutural, optando pela última. À época da entrevista possuía um escritório de projetos estruturais, tinha uma sócia, que atuava mais com projetos industriais, projetos de pontes, viadutos e passarelas, mas também faziam o cálculo de obras residenciais e fundações.

Entrevistado I: formou-se em Engenharia Civil pela UFMG em 1983.

Trabalha com projeto estrutural desde a graduação. Na época foi a área que mais o fascinou. Atribui a afinidade que tem com o cálculo estrutural, ao fato de sempre ter gostado de matemática e ter facilidade com a matéria. Trabalha na área de projetos estruturais, tanto de edificações quanto de barragens em uma empresa pública e também tem o seu próprio escritório.

Entrevistado J: formou-se em Engenharia Civil em 1988 pela UFMG.

Começou a trabalhar na área de projetos três anos antes de se formar. À época da entrevista era sócia do escritório em que trabalhou desde a época de estágio, presta consultorias e faz projetos especiais e de obras de grande porte.

Entrevistado K: formou-se em Engenharia Civil pela UFMG em 1992.

Começou a trabalhar na área dois anos antes de se formar. Fez estágio nesta área porque foi o primeiro que apareceu, mas se acha afortunado por ter caído neste campo e atribui o fato de ter ficado nele pela facilidade que tem com desenho e aritmética e disciplinas que envolvem o cálculo de estruturas. À época da entrevista trabalhava na mesma empresa em que iniciou o estágio, onde se dedicava mais a projetos de obras industriais. Era coordenador de projetos e o engenheiro contratado há mais tempo no escritório. Fazia projetos prediais fora da empresa.

Entrevistado L: formou-se em Engenharia Civil pela UFMG em 1998. Iniciou

estágio na área de projeto estrutural em 1996, formou-se e continuou na empresa por alguns meses. À época da entrevista trabalhava para uma grande empresa de engenharia que atuava na área de projetos de estruturas metálicas, de concreto, projetos elétricos, hidráulicos e mecânicos. O entrevistado trabalhava no setor de projetos de estruturas em concreto, calculando estruturas simples, verificando desenhos, levantando quantitativos para concorrência.

Entrevistado M: formou-se em Engenharia Civil pela UFMG em 2000.

Começou a trabalhar na área como estagiária em 1998, quando estava cursando o sexto período. Trabalha em uma empresa de pré-fabricados de concreto.

Após a coleta de dados, procedeu-se à análise dos dados por meio de análise qualitativa orientada pelo método do discurso do sujeito coletivo.

O modelo de análise qualitativa permite categorizar as respostas obtidas nas entrevistas. Para Denker e Viá (2002), a análise e a interpretação estão estreitamente ligadas e devem ser trabalhadas em conjunto, sendo o objetivo da análise o de resumir as observações sistematizadas e organizadas durante o processamento dos dados, buscando dar respostas ao problema da pesquisa. O objetivo da interpretação é o de conferir um sentido mais amplo às respostas encontradas pela pesquisa, estabelecendo a relação entre elas e outros conhecimentos já existentes.

O Discurso do Sujeito Coletivo (DSC) segundo Lefèvre e Lefèvre (2003, p.16) "é uma proposta de organização e tabulação de dados qualitativos de natureza verbal, obtidos de depoimentos, artigos de jornal, matérias de revistas semanais, cartas, *papers*, revistas especializadas, etc". A metodologia do Discurso do Sujeito Coletivo consiste em como um modo de promover o resgate de representações sociais, reconstituindo essas representações sociais e, ao mesmo tempo, preservando e articulando as dimensões: individual e coletiva. Os produtos da pesquisa

empírica dos Discursos do Sujeito Coletivo são assim denominados produto *falando* e produto *falado*.

Eles são produtos falando porque representações sociais são práticas discursivas, comportamentos reais de agentes sociais. Eles são também produtos falados porque a sociedade (ou os "outros"), enquanto esquemas cognitivos socialmente compartilhados, estão sempre presentes nas falas individuais. As representações sociais reconstituídas pelo Discurso do Sujeito Coletivo permitem que o sujeito comum se identifique com elas, viabilizando sua utilização em práticas de intervenção social. (LEFÈVRE; LEFÈVRE, 2010, p.502)

A metodologia do DSC permite análise do material verbal abrangendo todos os discursos sem reduzir os depoimentos a simples categorias, possibilitando que o coletivo se expresse numa perspectiva de conjunto: "*reconstruir, com pedaços...*" (LEFÈVRE; LEFÈVRE, 2003, p.19).

O Discurso do Sujeito Coletivo consiste, basicamente,

[...] em analisar o material verbal coletado extraindo-se de cada um dos depoimentos [...] as idéias centrais e/ou ancoragens e as suas correspondentes expressões-chave; com as expressões-chave das idéias centrais ou ancoragens semelhantes compõe-se um ou vários discursos-síntese na primeira pessoa do singular. (LEFÈVRE; LEFÈVRE, 2003, p.16)

Portanto, para elaborar os DSCs, as seguintes figuras metodológicas são utilizadas:

- Expressões-chave (ECH): pedaços, trechos ou transcrições literais do discurso. É a essência do depoimento, conteúdo discursivo que corresponde às questões de pesquisa.
- Ideias centrais (IC): é um nome ou expressão linguística que revela e descreve, da maneira mais sintética, precisa e fidedigna, o sentido de cada um dos discursos analisados e de cada conjunto homogêneo de ECH, que vai dar nascimento ao DSC.

– Ancoragem (AC): é a manifestação linguística explícita de uma dada teoria, ou ideologia, ou crença que o autor do discurso professa.

A discussão sobre novas abordagens pedagógicas visando uma melhor formação inicial e continuada do engenheiro projetista será feita trazendo à tona a tese da intelectualização do trabalho, retomando-se as categorias de Charlot (2000) para a análise das relações constitutivas da relação com o saber.

O plano de exposição desta tese prevê dois capítulos e uma conclusão:

Capítulo I - A atividade de projeto estrutural na Construção Civil

Como ponto inicial desta pesquisa, são analisadas as características fundamentais do processo de trabalho da Construção Civil, com o objetivo de contextualizar o trabalho dos engenheiros civis na área de projeto estrutural. É definido o conceito de projeto e ressaltada a sua importância para a eficiência na Construção Civil. É apresentado um breve histórico da evolução dos instrumentos de cálculo e abordada a questão da autonomia tecnológica.

Capítulo II – O trabalho do engenheiro projetista mediado por sistemas de informação

Neste capítulo, são trabalhadas as entrevistas realizadas com engenheiros projetistas estruturais utilizando-se a metodologia qualitativa de análise do discurso do sujeito coletivo. São discutidas

as transformações que vêm ocorrendo nos processos de trabalho dos engenheiros projetistas estruturais em virtude da lógica inerente aos sistemas informáticos.

Conclusão

Na conclusão retomam-se as categorias de Charlot sobre relações com o saber e relações de saberes para, à luz das informações aportadas pelos capítulos anteriores: a) visitar as teses sobre intelectualização do trabalho, trazendo-as para o contexto do trabalho dos engenheiros projetistas estruturais; b) identificar os desafios que as transformações observadas trazem para o campo da formação destes profissionais; c) recolher, apresentar e discutir as advertências e recomendações que as pesquisas educacionais têm apontado e que se aplicam ao caso estudado. Além de uma síntese contendo os aspectos fundamentais da pesquisa realizada, apresenta inferências e proposições tendo em vista a ampliação do alcance educacional de políticas e práticas pedagógicas relativas à formação inicial e continuada de engenheiros projetistas.

CAPÍTULO I

A ATIVIDADE DE PROJETO ESTRUTURAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

1. INTRODUÇÃO

Esta tese focaliza a formação e o trabalho de engenheiros projetistas estruturais; portanto, este capítulo busca contextualizar tais processos no âmbito geral da Construção Civil.

Para tanto, este setor será descrito, ressaltando suas finalidades, subsetores, características básicas de produção, organização do trabalho, evidenciando como nele se insere a área de projeto estrutural.

Sequencialmente, serão tratadas as atividades de elaboração de projetos estruturais, o que se entende por projeto, bem como a importância do projeto para a eficiência do trabalho da Construção Civil.

Como o trabalho do engenheiro projetista estrutural tem uma inovação tecnológica consolidada através da tecnologia da informação e comunicação (TIC) que é acessada pelo computador, os processos evolutivos relativos a este instrumento de trabalho ao longo dos anos será analisado, ressaltando-se a problemática da autonomia tecnológica.

Com este capítulo pretende-se, portanto, traçar o panorama geral das atividades de trabalho na área de projeto estrutural, desta forma especificando a base para o estudo proposto nesta tese: analisar as implicações da inserção das novas tecnologias no processo de trabalho do

engenheiro projetista estrutural, tais como a possível ampliação do processo de intelectualização do trabalho e demandas diferenciadas para a formação deste profissional.

2. A CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1 FINALIDADES DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A Construção Civil compreende um conjunto de atividades humanas voltadas a dar ao homem conforto, como moradia, vias de transportes terrestres e fluviais, por meio da construção de pontes, plataformas, barragens, hidroelétricas, entre outros, abrangendo, os meios urbanos, desertos, florestas, campos e até os mares. (MAIA, 1999).

Segundo a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, a Indústria da Construção é definida como “conjunto de atividades visando a realização material e intencional do homem para adaptar a natureza às suas necessidades de abrigo, sede de atividades e/ou outras funções, através de obras resultando em construções”.

Para Hillebrandt, citado por Fundação João Pinheiro (1984):

[...] a construção pode ser considerada como um setor cuja produção total se resume em edifícios e obras duráveis. É a parte do contrato (do empreendimento) em que se compromete organizar, transportar e montar os vários materiais e partes componentes de tal modo que eles formem um todo composto de edifícios ou outras obras. O produto que a empresa contratada executa é, basicamente, o serviço de transporte de terra e material, de montagem e gerenciamento do projeto como um todo. Como o serviço e o gerenciamento fornecido são similares em vários tipos de construções, o empreendimento pode ser identificado como uma indústria.

2.2 A CLASSIFICAÇÃO INTERNACIONAL

Segundo a classificação das atividades econômicas das nações unidas (1969), a Construção compreende:

[...] os empreiteiros gerais e especializados dedicados principalmente à construção por contratos. Abrange também as dependências de empresas que se dedicam, principalmente, a trabalhos de construção para a empresa matriz e que podem ser declarados separadamente. Os empreiteiros gerais podem dedicar-se à construção, reforma, reparação e demolição de edifícios e à construção, reforma e reparação de estradas, ruas e pontes; viadutos, canais de água, redes de esgoto e condutores de água, gás e eletricidade; superestrutura de ferrovias, ferrovias subterrâneas, portos e canais; cais, aeroportos e zonas de estacionamento; barragens obras de drenagem, obras de irrigação e de defesa contra inundações, instalações hidráulicas e centrais hidrelétricas; oleodutos e gasodutos; perfuração de poços de água; campos de atletismo, piscina e quadras de tênis; sistema de comunicações como linhas telefônicas e telegráficas; trabalhos marítimos, tais como dragagem e eliminação de rochas submarinas; instalações de estacas, beneficiamento e reabilitação de terras e outras classes de construções pesadas. Incluem-se nesse grupo as empresas que se dedicam principalmente a prestar serviços para a exploração de minas – preparação de terrenos, realização de construções neles, perfuração de poços de petróleo e de gás natural e outros, por contrato ou à base de honorários. Os empreiteiros especializados apenas se dedicam a efetuar partes dos trabalhos de construção de um projeto. Esses contratantes podem trabalhar por sub-empregada acertada com o empreiteiro geral ou diretamente com o proprietário e dedicar-se a atividades tais como instalações hidráulicas, calefação e ar-condicionado; colocação de ladrilhos, pedras e tijolos, “lambradas” de mármore; carpintaria; pavimentação; estuque com gesso e gradeamento com ripas; colocação de telhado, cimento-armado; pintura e decoração; chapisteria; instalações elétricas; perfuração de poços de água; serralheria; trabalhos de escavação cimentação, obras de derrubada e demolição; e trabalhos de reparação e manutenção de edifícios. Todavia, não estão incluídos os trabalhos de manutenção ou reparo efetuados pelo pessoal de manutenção empregado com jornada completa pelos estabelecimentos em cujos locais são executados os trabalhos. São consideradas atividades de construção: a montagem e instalação in situ de partes pré-fabricadas de pontes, tanques de água, instalações de depósitos e armazenamento, ferrovias e elevados; de sistemas de elevadores e escadas rolantes, serviços hidráulicos; borrifamento contra incêndios, calefação, ventilação central, ar-condicionado, iluminação e circuitos elétricos, etc, de edifícios. Incluem-se nesse grupo os departamentos e outras unidades das fábricas de peças e equipamentos pré-fabricados que se especializam nesses trabalhos – assim como empresas independentes que se dedicam principalmente a estas atividades.

2.3 OS SUBSETORES DA CONSTRUÇÃO NO BRASIL

As atividades na indústria da construção podem ser divididas em três subsectores: edificações, construção pesada e montagem industrial. As atividades da área de projeto estrutural pertencem a um grupo de atividades bastante diferenciadas, diretamente ligadas aos três subsectores citados, classificadas como de “serviços especiais e/ou auxiliares”.

Entre as atividades principais do subsector de edificações estão a construção de edifícios residenciais, comerciais, de serviços e institucionais, edificações modulares horizontais (ex: conjuntos habitacionais) e verticais; edificações industriais; além das atividades complementares e auxiliares à edificação. (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1984; LIMA JR. *et al*, 2005).

No subsector da construção pesada, as atividades estão ligadas à construção de infra-estrutura viária, urbana e industrial (terraplenagens, drenagens, pavimentação e obras ligadas à construção de rodovias, infra-estrutura ferroviária, aeroportos, vias urbanas, entre outros); construção de obras estruturais e de arte (pontes, elevados, contenção de encostas, túneis, entre outros); construção de obras de saneamento (captação, adução, tratamento e distribuição de água; redes coletoras de esgotos; canalizações diversas); construção de barragens hidrelétricas, dutos, túneis, superestrutura ferroviária e obras de tecnologia especial (usinas atômicas, fundações especiais, perfurações de poços de petróleo, gás). (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1984; LIMA JR. *et al*, 2005).

E, por fim, as empresas do subsetor de montagem industrial têm como atividade principal a montagem de estruturas mecânicas, elétricas, eletromecânicas, hidromecânicas para instalação de indústrias; montagem de sistemas de geração, transmissão e de distribuição de energia elétrica, montagem de sistemas de telecomunicações; montagem de estruturas metálicas; montagem de sistemas de exploração de recursos naturais; obras subaquáticas. Podem também executar a construção de edifícios industriais e a elaboração de estudos e projetos. A execução dos trabalhos de montagem industrial pode ocorrer paralelamente aos trabalhos de construção civil ou após os mesmos. (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1984; LIMA JR. *et al*, 2005).

2.4 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As inúmeras peculiaridades presentes nas atividades da Construção Civil tornam a sua classificação uma tarefa bastante difícil. A grande variedade de produtos, inclusive para a sua produção, explicitam a necessidade de uma imensa diversificação das atividades no setor, como podemos observar pela classificação das atividades da Construção Civil feita pelas Nações Unidas.

As atividades da Construção Civil são realizadas em locais diversificados, são fragmentadas, ou seja, ocorrem em etapas descontínuas, mesmo para a produção de um único produto e requerem a

participação de muitos profissionais de diversas especializações.

O processo de produção na Construção Civil pode ser decomposto em quatro grandes etapas de duração limitada (HELENE,1992): planejamento; projeto; fabricação de materiais e componentes fora do canteiro de obras e execução. E uma etapa final de longa duração denominada “uso”, que segue após a produção propriamente dita, e é onde estão envolvidas as atividades de operação e manutenção dos produtos gerados.

Em cada uma dessas etapas, as atividades visam atingir determinadas metas para que se possa alcançar uma maior eficiência na Construção Civil. Na etapa de planejamento deve-se atender às normas gerais de desempenho, código de obras e regulamentos. Na etapa de projeto, atender às normas específicas de desempenho e às normas e documentos prescritos. Na etapa de fabricação de materiais, produzir e receber de acordo com o especificado. Na de execução, atender ao projetado e ao especificado e finalmente na de uso, assegurar a adequada utilização e manutenção do produto (HELENE, 1992).

Na etapa de execução, é muito intensa a utilização da força de trabalho. As características do processo produtivo na Construção Civil dificultam possíveis mecanizações em atividades, substituindo o trabalho manual apenas nas atividades mais pesadas. Isto faz com que o aumento da produtividade se fundamente mais na racionalização do processo de trabalho e menos na mecanização.

O processo construtivo tem uma peculiaridade básica que constitui limitação, se comparado com outros processos industriais: produz uma grande “mercadoria”, fixada no espaço, a partir de montagens de componentes e transformação de materiais, processados por máquinas e homens necessariamente dotados de uma mobilidade já ultrapassada nas indústrias altamente mecanizadas, em que tanto os operários quanto as máquinas são rigidamente localizados dentro da fábrica, segundo uma sequência lógica de produção. As particularidades de cada obra e as diferenças técnico-construtivas impõem essa característica, inviabilizando, por exemplo, uma mecanização maciça no canteiro de obras. Mais factível é a industrialização (extra-canteiro) de componentes e/ou instalações da obra. (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1984).

2.4.1 Tipo de produção

A Construção Civil tem características muito particulares que fazem com que se diferencie dos demais setores da produção industrial. Existe uma defasagem tecnológica em relação às outras indústrias e o processo de trabalho na Construção Civil ainda nos dias de hoje possui características de manufatura (ASSUMPÇÃO, 1999). Ocorrem mudanças na área tecnológica no setor, mas em ritmo diferenciado dos outros setores (FARAH, 1992).

Uma característica marcante da Construção Civil é o uso intensivo da força de trabalho, que independe das diferentes atividades subsetoriais, dos avanços tecnológicos observados e do porte da empresa que executa as atividades, o que faz da Construção Civil um setor responsável pela absorção de grande percentual da força de trabalho do Brasil.

A natureza do processo produtivo que apresenta como meta produtos não padronizados, atividades descontínuas, onde as tarefas são realizadas em etapas sucessivas e raramente simultâneas e em unidades produtivas distantes umas das outras, dificulta a utilização intensiva de equipamentos. Por esse motivo, um grande número de atividades manuais não é substituído por equipamentos na Construção Civil, mesmo tendo estes sofrido grande evolução tecnológica. A habilidade e a destreza do trabalhador são partes fundamentais do processo. (PINTO,1998).

O processo de trabalho da Construção Civil no Brasil nos dias de hoje fundamenta-se na divisão do trabalho, com mecanização apenas parcial. Os elementos principais são obtidos em canteiro, porém reunindo diversos materiais e componentes fornecidos pela indústria de materiais de construção. Apesar do uso da força de trabalho ser ainda intensivo, conta-se também com a utilização de equipamentos variados.

A indústria da construção como um todo pode ser caracterizada por uma condição híbrida. Apresenta boa parte de seu processo produtivo inserido na fase de produção mecanizada combinando técnicas tradicionais e artesanais de construção. Enquanto em obras de grande porte ocorre o uso intensivo de equipamentos, as obras de luxo, pequenas construções, etapas de acabamento, por exemplo, exigem grande habilidade e tempo da força de trabalho.

Embora a Construção Civil não conte com padronização dos produtos finais, há tendência crescente de introduzir mais maquinaria e racionalidade no trabalho.

Cada vez mais os produtos industrializados vêm ocupando um espaço que ao longo de muitas décadas era apenas artesanal, mas não podemos considerar ainda que o tipo de produção da Construção Civil no Brasil seja o industrializado.

2.4.2 Produção descentralizada

A indústria da construção caracteriza-se pela descentralização das atividades produtivas (ASSUMPÇÃO, 1999). As sedes das empresas construtoras desenvolvem prioritariamente, atividades administrativas e os canteiros apresentam-se desvinculados.

Os projetos podem ser feitos pela mesma empresa, que fará a execução de uma obra. Contudo, frequentemente os projetos são feitos em escritórios diversos, especializados nas diversas áreas, podendo estar localizados até mesmo em cidades diferentes.

Uma empresa construtora pode estar executando obras diferentes simultaneamente, sendo então responsável por canteiros de obra fisicamente distantes, localizados em um ou até em mais de um município, ficando a sede administrativa estabelecida em local distante dos canteiros de obra. Além de utilizar materiais e componentes nas suas obras produzidos em fábricas também distantes.

Os diversos profissionais envolvidos no processo de produção da Construção Civil não ficam agrupados fisicamente, o que demanda uma complexa coordenação das atividades e um planejamento bastante rigoroso.

2.4.3 Variabilidade de produtos e não repetitividade

O setor da Indústria da Construção tem como característica marcante a variabilidade de seus produtos finais com diferentes tipos de uso, finalidade e processo construtivo. Essa variabilidade impossibilita uma produção em série e impõe limites à repetitividade.

Independentemente do subsetor da Construção Civil a que a obra pertença, os produtos são sempre singulares, não homogêneos e não seriados. Mesmo no caso das edificações habitacionais em que, em princípio, se poderia ter uma maior homogeneidade, a diversidade de clientela, da disponibilidade local de insumos, dos seus preços, e das alternativas de engenharia induz a uma grande diversidade das habitações produzidas (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1984).

Cada obra é produzida em um local diferente, o que pressupõe perfis de terreno e de solo diferentes e, conseqüentemente, tipos específicos de fundação. O dimensionamento e o detalhamento da estrutura da obra, além da quantidade e tipo dos materiais e equipamentos que variam de obra para obra, serão determinados de acordo com a forma e dimensões da construção.

Em função do exposto, as construtoras são obrigadas a desenvolver um projeto específico para cada obra, sempre atentas ao emprego de força de trabalho em quantidade e qualificação adequadas e utilização de instrumentos de trabalho e tecnologias construtivas também apropriadas. Cada obra envolve um esquema de produção particular.

2.4.4 Não simultaneidade e descontinuidade

Outra característica peculiar da Construção Civil é a descontinuidade das atividades produtivas (ASSUMPÇÃO, 1999). No processo produtivo deste setor, as construções são realizadas em etapas bem definidas, com a participação de diversas equipes de trabalho.

Na execução de cada um dos projetos, por exemplo, são necessários o estudo preliminar e o anteprojeto para então se chegar ao projeto final. No canteiro de obras, cada etapa deve ser totalmente executada, finalizada, para que nova etapa seja iniciada. A simultaneidade raramente é permitida.

Esse processo caracteriza a intensa fragmentação da produção em etapas e fases predominantemente sucessivas, fazendo com que o processo de trabalho da construção seja essencialmente descontínuo.

A fragmentação do processo de produção em etapas e atividades diferenciadas determina uma forma de trabalho especial, exigindo que dele participem vários agentes produtivos, o que aumenta a complexidade do controle das atividades.

Devido à não simultaneidade das etapas, supostamente cada etapa será iniciada assim que a anterior seja finalizada. A cada sucessão de etapas, há uma desmobilização de um número significativo de operários pertencentes a diferentes ofícios, afetando o volume e as condições do emprego. (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1984).

As etapas do processo de trabalho devem ser coordenadas e é necessário que haja controle de qualidade para que não surjam problemas de prazo, custo e qualidade.

2.4.5 Dificuldade de padronização dos processos de trabalho

As próprias características da produção da Construção Civil elevam a complexidade na padronização dos processos de trabalho. A começar pelo tipo de produção ainda bastante artesanal, que conta pouco com a mecanização das atividades e com o uso intensivo da força de trabalho, com a habilidade manual e a força física do operário.

A mobilidade dos canteiros de obra, a descentralidade das unidades produtivas e o parcelamento das atividades também se apresentam como elementos responsáveis pela complexidade da padronização do processo de trabalho.

A grande variabilidade de produtos não homogêneos, não seriados, depende de encomendas que implicam a produção de um produto singular, não reproduzível, exigindo tipos de serviços diferentes em cada obra e a execução de projeto para cada produto. (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1984).

Outra dificuldade se apresenta com o grande número de materiais utilizados na construção.

A matéria-prima não pode estar em sua totalidade no canteiro de obras (por seu caráter perecível e volumoso), aliado à enorme diversidade dos materiais empregados (destinados, sobretudo, às obras prediais urbanas), imprime óbvias limitações ao processo de produção, tanto pelas dificuldades de padronização como pelas eventualidades de atrasos no fornecimento de algum material essencial (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1984).

2.5 A ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.5.1 As fases do processo produtivo

a – Fases preliminares

a.1) Planejamento

As fases que antecedem a execução da obra condicionam o desempenho do processo produtivo. A singularidade dos produtos utilizados na Indústria da Construção faz com que a contratação da obra seja feita por encomenda; com exceção de parte das construções do subsetor de edificações, a venda do produto se dá sempre antes de sua execução. Projetos específicos são elaborados para cada produto, com diferentes processos construtivos e tipo de produção. Para realizar a entrega do produto esperado pelo cliente dentro do prazo estipulado e cumprindo todas as especificações de projeto, é necessário um planejamento minucioso das atividades. A contratação da obra e a elaboração de projetos definem todo o arcabouço organizacional, financeiro e técnico da obra. (CHAVES, 1985).

As atividades na Construção Civil requerem um estudo do planejamento dos trabalhos e dos meios de execução quanto ao material e à força de trabalho necessária. O planejamento envolve o cronograma de cada atividade e quanto mais complexa for a atividade mais aprofundado deverá ser o nível de seu detalhamento.

O planejamento deverá incluir a previsão da duração das diversas fases de execução, estabelecendo de um plano de execução. Como o prazo de execução da obra é frequentemente imposto pelo cliente, cabe à empresa responsável pela construção, organizar e prever o desenrolar das atividades, para poder cumprir este prazo, cuidando de evitar qualquer perda de tempo na execução, não cabendo, portanto, improvisações.

É também importante planejar a sequência lógica das operações, buscando eliminar possíveis interrupções entre o fim de uma tarefa e o início da subsequente. Paralelamente, deve-se prever intervenções simultâneas de atividades distintas. De modo a prevenir riscos de imprevistos, a duração das atividades deve ser planejada com certa folga levando-se em consideração a possibilidade de incidentes que podem atrasar a atividade. Porém esta margem na duração de uma atividade também não deve ser muito grande para não comprometer o rendimento da construção.

Em princípio, um planejamento adequado dos cronogramas e ritmo da obra, juntamente com um projeto bem elaborado, seria suficiente para assegurar a não ocorrência de discontinuidades das atividades no

processo produtivo da Construção Civil. Porém, durante a execução de uma obra, é possível a ocorrência de situações que fogem a qualquer planejamento rigoroso, tais como chuvas fora do normal, quebra de equipamentos, atrasos na entrega de material e, principalmente, a interveniência do cliente, que podem imprimir alterações nos cronogramas, produzindo, com isto, a necessidade de alterações técnicas e o rompimento de uma determinada sequência lógica de produção. (CHAVES, 1985).

a.2) Elaboração de Projetos

A fase de elaboração de projetos deve envolver a participação dos profissionais responsáveis pela execução da obra e dos seus proprietários juntamente com os responsáveis pelos projetos estrutural e arquitetônico, para promoverem as condições necessárias para uma maior eficiência do processo produtivo.

A atividade de elaboração de projetos fica normalmente a cargo dos escritórios de projetos, que configuram um segmento específico na engenharia. Porém, algumas construtoras possuem equipes especializadas em projetos ficando responsáveis também pela elaboração dos mesmos. É comum, no campo das edificações, a atuação do projetista autônomo.

Conforme mencionado anteriormente os produtos da Construção Civil são singulares, o que exige um projeto específico, dificilmente reproduzível, para que sejam consideradas as particularidades técnicas de cada obra. Contudo, na elaboração de projetos de um mesmo tipo de obra, a generalização e repetição de procedimentos tecnológicos padronizados

podem criar a possibilidade de se atingir reduções de custo. Assim, em projetos específicos como, por exemplo, de construção de redes de esgoto ou construção de alguns conjuntos habitacionais é possível que reproduzam tipologias já padronizadas, buscando apenas fazer a correta adequação às condições do local ou pequenas modificações (CHAVES, 1985).

Deve ser ressaltada, portanto, a importância de se obter projetos muito bem elaborados em qualquer tipo de obra, pois a ocorrência de erros compromete o desenvolvimento do processo produtivo. Deficiências na determinação das cargas atuantes, no estabelecimento incorreto das dimensões necessárias e em especificação inadequada de materiais e processos nos projetos estruturais, por exemplo, implicam em modificações no projeto, favorecem improvisações e, conseqüentemente, geram custos adicionais (CHAVES, 1985).

b) O início da fase de execução

A fase de execução da obra propriamente dita só se inicia com a instalação do canteiro de obras. As especificidades da obra a ser executada é que irão definir suas características e organização, de modo a possibilitar uma maior eficiência do trabalho, evitando descontinuidades no processo produtivo. O canteiro de obras passa por várias transformações ao longo da fase de execução e tem a duração do tempo necessário para a

elaboração do produto.

A finalidade do canteiro de obras é abrigar instalações provisórias de apoio e de prestação de serviços construtivos, de propiciar a estocagem adequada dos materiais, assim como a guarda e manutenção das máquinas e equipamentos (CHAVES, 1985).

Para atingir sua finalidade, o canteiro de obras pode ser composto por escritórios, almoxarifados, oficina de ferragens, oficina de marcenaria, instalações sanitárias, alojamentos, refeitórios, entre outros, sendo que o número e o tipo dos componentes, além da disposição dos mesmos no canteiro dependerão da singularidade de cada obra a ser executada, da sua duração, da sua localização, da infraestrutura local e da política de recursos humanos da construtora.

As atividades de instalação e manutenção do canteiro de obras devem receber grande atenção e cuidados por ser este o espaço onde se dará todo o processo produtivo de execução de uma obra, constituindo-se num importante condicionante da produção, sobretudo em se tratando de obras de grande porte.

c) A aquisição dos meios de produção

c.1) Materiais

Os materiais de construção são elementos de naturezas diversas que desempenham papéis específicos e previsíveis de maneira a possibilitar e a garantir a existência de um determinado ambiente construído. (RIBEIRO *et al*, 2002).

A aquisição de materiais deve ser previamente programada de forma que o ritmo de fornecimento seja tal que não haja interrupções no canteiro. Os materiais que apresentam características de perecibilidade e volume tais que impossibilitem estocagem devem ser adquiridos ao longo do período de produção. Outros materiais, pelos motivos mencionados e pelo custo que é onerado com o frete, devem ser adquiridos em locais próximos à obra. Os materiais, não sendo perecíveis, possibilitam a compra prévia e estocagem. Contudo, o que vai determinar na prática, se os materiais serão comprados previamente e estocados é o porte e a estrutura organizacional da construtora, suas condições financeiras e físicas para efetuar compras de grande volume.

c.2) Máquinas e equipamentos

Nas obras da Construção Civil é utilizada uma enorme variedade de máquinas e equipamentos, aos quais deve ser dispensada cuidadosa vigilância em seu uso, visando minimizar perdas e estragos, diminuindo-se gastos e tempo com reposição e manutenção, evitando comprometimentos no andamento da obra. Essas máquinas e equipamentos pertencem à própria construtora ou são alugadas de empresas especializadas.

c.3) Força de trabalho

Na Construção Civil, encontramos profissionais de nível de escolaridade formal, como, por exemplo, engenheiros. Contudo, este setor

tem como característica marcante o emprego, no Brasil, de trabalhadores com o baixo nível de escolaridade. Outra particularidade do setor com relação à força de trabalho é o fato destes trabalhadores se formarem em serviço.

Nas etapas iniciais da concepção até o início da execução, o trabalho é feito por arquitetos, engenheiros e desenhistas e deve haver uma coordenação destes trabalhos. A execução da obra que parte de projetos é realizada por engenheiros e operários, sendo que os conhecimentos técnicos são dominados basicamente pelos engenheiros, ainda que estes dependam de saberes tácitos desenvolvidos na experiência de trabalho pelos operários. Estes trabalham com materiais e técnicas construtivas, em geral de maneira empírica, executando projetos aos quais não lhes é dado o saber de interpretar, traduzidos por seus superiores na hierarquia da obra. Esta segregação de funções e saberes reproduz as práticas de absorção por esse setor de força de trabalho com baixo nível de escolaridade e sem preparo técnico especial.

O nível de escolaridade é refletido no baixo nível salarial, o que contribui para a alta rotatividade do pessoal. Este fator, juntamente com a abundância de trabalhadores disponíveis no mercado de trabalho, coloca a Construção Civil em uma situação confortável com relação ao desempenho de suas atividades, por não enfrentar frequentes entraves na oferta de força de trabalho.

Uma característica marcante deste setor é a intensidade do uso da força de trabalho. Com toda a evolução tecnológica que vem ocorrendo

ao longo dos anos, o setor foi beneficiado pela industrialização extracanteiro e pela introdução de máquinas e equipamentos, que na área de trabalho no canteiro de obras especificamente substituiu, na maioria das vezes, a força física do operário. A habilidade da força de trabalho ainda é imprescindível para o desenvolvimento do processo produtivo, sendo esta uma demanda bastante elevada.

A alta rotatividade da força de trabalho empregada na Construção Civil é um dos fenômenos mais marcantes deste setor.

É constitutivo do processo de trabalho da construção provocar a mobilidade da força de trabalho operária. A realização de etapas bem definidas com a participação de diversas equipes de trabalho influenciam e condicionam a rotatividade da força de trabalho, apesar de não constituírem seus determinantes exclusivos. As equipes de trabalho são montadas no transcorrer da execução da obra e, assim que determinada etapa é encerrada, os trabalhadores são demitidos ou, em alguns casos, transferidos para outra obra. (PINTO, 1998; MAIA, 1999).

Segundo Chaves (1985), dentro de um canteiro de obra podem-se distinguir, basicamente, três categorias de trabalhadores. Em primeiro lugar, comparece a força de trabalho pertencente ao quadro permanente da construtora (a empreiteira principal). Incluem-se nessa categoria tanto aqueles de níveis superiores de qualificação (engenheiros, técnicos de alto nível), quanto operários qualificados que, com o passar do tempo, tornam-se imprescindíveis à empresa em face da experiência acumulada. Fazem parte também do quadro permanente da empresa os funcionários

administrativos e de apoio técnico que trabalham na sua sede administrativa.

Em segundo lugar, comparece, para uma obra específica, a força de trabalho contratada pela empresa, que é demitida após o término da obra, ou mesmo ao longo do período de produção, quando chega ao fim a tarefa para a qual fora contratada. Contudo, os operários que se destacam durante o período de contrato tendem a ser preservados pela empresa, muito embora não criem, necessariamente, vínculos formais permanentes: eles são desligados e readmitidos, depois, em outras obras.

Por fim, no último grupo Chaves (1985) inclui os trabalhadores sem vínculo empregatício com a empresa (empreiteira principal). São trabalhadores autônomos contratados para tarefas específicas, empregados de subempreiteiras de serviços (ou de partes da obra) e trabalhadores vinculados às chamadas subempreiteiras. A subcontratação de mão de obra, prática, por sinal, bastante difundida principalmente em edificações é, sem dúvida, um dos elementos mais agravantes das condições de produção e das condições de trabalho.

Em função da ampla diversificação das atividades desenvolvidas em um canteiro de obras, a subcontratação da força de trabalho tem papel importante na produção de uma maior produtividade na construção civil.

Além de serem diversificadas, estas atividades algumas vezes, também são bastante singulares, exigindo cada uma delas equipamentos e categorias ocupacionais diferenciadas. Para uma plena execução de todas as categorias de serviços em um projeto de construção, uma construtora

necessitaria de estruturar vários departamentos especializados ou específicos, o que demandaria uma força de trabalho e equipamentos diferenciados que, conseqüentemente, significariam custos elevados. Como determinados serviços exigem conhecimento e domínio técnico de alto nível, as firmas especializadas se oferecem como capazes de executar estes serviços a custos mais baixos.

Subempreiteiros locais têm importante papel em obras executadas em lugares distantes da sede da empresa, porque conhecendo e exercendo certo domínio sobre o mercado de trabalho local, eles têm maior facilidade em montar uma turma de trabalho, contratar força de trabalho, selecionar e recrutar funcionários, dinamizando e otimizando o trabalho da construtora.

Por estes motivos, o processo produtivo da Indústria da Construção inclui a presença do mecanismo da subcontratação.

3. TENDÊNCIA ORGANIZACIONAL E DIFUSÃO TECNOLÓGICA NO SUBSETOR DE EDIFICAÇÕES

Em termos de organização interna, as empresas do subsetor de edificações apresentam uma grande heterogeneidade, tanto no tamanho quanto na capacitação tecnológica e empresarial (CBIC, 1998).

O subsetor de construção pesada é menos heterogêneo em termos da organização interna. Há um número significativo de grandes

empresas, inclusive algumas macroempresas, que se encontram entre as 100 maiores empresas do Brasil, considerando todos os ramos de atividades econômicas.

A predominância de um número reduzido de empresas de grande e médio porte torna o subsetor de Montagem Industrial bem mais homogêneo do que os outros subsetores. Esta estrutura de mercado é determinada pela própria natureza das atividades, que de certa forma impõem maior capacitação tecnológica (CBIC, 1998).

Apesar da maior introdução de máquinas e equipamentos, nos subsetores da construção pesada e montagem industrial, persiste ainda a característica do uso intensivo de mão de obra, em função das chamadas obras civis associadas às atividades típicas desses segmentos. A construção pesada e de montagem industrial empregaram, em 1991, respectivamente, 12,09% e 2,6% do volume total de emprego da indústria de construção. Já a concentração do mercado pode ser claramente demonstrada pelo pequeno número de empresas existentes (CBIC, 1998).

Portanto, o setor de edificações apresenta o maior número de empresas e é responsável por grande porcentagem do volume total de emprego na Construção Civil.

Uma pesquisa realizada pelo SENAI (2005) no subsetor de edificações buscou identificar as novas tecnologias que terão maior grau de difusão, as principais tendências organizacionais e as mudanças na organização dos agentes que compõem o setor da Construção Civil em um horizonte temporal de 5 a 10 anos.

O fato de que subsetor de edificações apresenta considerável heterogeneidade tecnológica entre suas empresas possibilita que uma determinada tecnologia, mesmo estando há muito tempo no mercado, tenha baixa taxa de difusão.

Como o processo de produção no setor da Construção Civil é considerado tradicional, teoricamente se caracteriza pela lenta difusão de inovações, uma vez que os processos estabelecidos (tradicionais) ainda atendem a várias demandas do setor. A pesquisa do SENAI (2005) retrata esta característica, pois a maioria das tecnologias estudadas já é de conhecimento do mercado, mas ainda têm um baixo grau de difusão e, para o horizonte temporal estabelecido na pesquisa, não se vislumbra nenhuma ruptura tecnológica.

As tecnologias estudadas foram classificadas quanto à velocidade da difusão em três categorias: tecnologias de difusão “rápida” (as tecnologias com possibilidades de alcançar 2/3 de sua aplicação potencial de mercado até 2009); tecnologias de difusão “tradicional” (as tecnologias que alcançariam 1/3 de sua aplicação potencial de mercado até 2009 e 2/3 em 2015) e as tecnologias de difusão inicial “lenta” (as tecnologias que alcançarão 1/3 de sua aplicação potencial de mercado entre 2009 e 2015 e 2/3 após 2015).

No segmento de sistemas estruturais, a pesquisa apontou como tecnologia de difusão tradicional os aditivos superplastificantes para concreto, as formas metálicas para estruturas de concreto, estruturas mistas de concreto e aço e alvenaria estrutural de blocos de concreto. E

como tecnologia de difusão rápida, estruturas de concreto protendido.

Nos sistemas de vedação, apontou as portas e janelas prontas e painéis de gesso acartonado para paredes internas de vedações e forros (*dry wall*) como tecnologias de difusão tradicional.

Entre os sistemas de revestimentos, três tecnologias de difusão rápida: argamassa colante flexível para assentamento de placas cerâmicas, argamassas industrializadas para revestimentos internos e externos e isolantes térmicos e acústicos para vedações com lã de vidro ou rocha.

No segmento de tecnologias para infraestrutura de canteiros: equipamentos a *laser* para controle geométrico de obras e sistema de *pallets* para transporte de materiais como tecnologias de difusão tradicional.

No segmento tecnologia da informação em sistemas de gestão, a pesquisa apontou como tecnologias de difusão tradicional: sistemas *Web* para relacionamento com clientes e assistência técnica pós-entrega, sistemas colaborativos *Web* para desenvolvimento e gerenciamento de projetos, aplicativos *Web* para planejamento e gerenciamento de obras e sistemas *Web* de *e-business* & *e-commerce* adequados ao setor.

E para finalizar, no segmento de sistemas prediais, como tecnologia de difusão rápida, *Shafts* visitáveis e instalações não embutidas.

A pesquisa mostra a tendência do segmento para a melhoria e otimização dos processos construtivos, no que se refere à diminuição de prazos e ao aumento da confiabilidade do empreendimento. Soma-se a essa tendência a busca pelo atendimento a algumas exigências específicas

do consumidor final. Além disso, algumas tecnologias emergentes específicas selecionadas buscam reduzir os impactos ambientais gerados pela obra.

Essa preocupação mais focada na racionalização dos processos é explicada pelos atuais procedimentos construtivos praticados no canteiro de obras, que resultam em baixos índices de produtividade, gerando elevados volumes de resíduos e utilização intensiva da mão-de-obra. (SENAI, 2005).

Os seguintes agentes da cadeia produtiva foram considerados para a análise da prospecção das mudanças organizacionais: contratante, empresas de projeto & engenharia consultiva, construtoras, fornecedores de serviços, indústrias de materiais e componentes e indústrias de subsistemas integrados. (SENAI, 2005).

A maioria das mudanças organizacionais analisadas está associada ao atendimento de critérios competitivos já estabelecidos, tais como o aumento do conteúdo técnico e da complexidade tecnológica das obras, a maior oferta de novos processos construtivos e a nova orientação produtiva pela demanda, em substituição àquela orientada pela oferta. (SENAI, 2005).

O aumento do número de tecnologias, da complexidade do produto final, da introdução de normas de desempenho da edificação e da variedade de processos construtivos fará com que as empresas de projetos e engenharia consultiva, que possuem conhecimentos específicos e de elevado conteúdo técnico, ganhem mais destaque. De certa forma, esse

movimento pode ser confirmado pela transferência das atividades de estudo *de* viabilidade técnico-econômica dos contratantes para as empresas de projetos e engenharia consultiva, bem como o compartilhamento, com as construtoras, das atividades de P&D de tecnologias construtivas e processos gerenciais, a escolha de tecnologias da informação para gerenciamento do empreendimento e a gestão do conhecimento. (SENAI, 2005).

Os resultados mostraram de forma clara o crescimento da importância dos contratantes, a tendência de integração entre todos os agentes da cadeia e uma diminuição do poder de governança das construtoras, uma vez que foi observada a tendência ao compartilhamento de atividades entre as construtora e outros agentes da cadeia (SENAI, 2005).

O possível crescimento da construção de edificações promovido por uma maior integração entre os agentes da cadeia implicará em uma maior interação entre empresas contratantes, empresas de projeto e engenharia consultiva e empresas construtoras, de forma a definir a melhor configuração de um produto para atender às necessidades e preferências do consumidor final. Nesse sentido, acredita-se que os sistemas *Web* para as etapas de planejamento de projetos, gerenciamento da execução da obra e comercialização do empreendimento serão ferramentas que irão atender a essa nova forma de comunicação entre os agentes da cadeia. (SENAI, 2005).

4. AS ATIVIDADES DE TRABALHO NA ELABORAÇÃO DE PROJETOS ESTRUTURAIS

Na Construção Civil, as etapas de trabalho são bem delimitadas e executadas por diferentes profissionais desde o planejamento da obra até a execução da construção. Especificamente, o trabalho do engenheiro calculista envolve atividades de grande responsabilidade que estão ligadas às atividades de outros profissionais, tais como arquitetos, engenheiros de instalações, entre outras, classificadas pela Fundação João Pinheiro (1984) como de “serviços especiais e/ou auxiliares”.

O engenheiro calculista deve desenvolver o projeto da estrutura da obra visando sempre encontrar uma solução econômica e segura. Para elaborar a disposição deste conjunto de elementos interligados que permitirão que a arquitetura imaginada possa ser sustentada, o calculista deve conhecer as forças externas que atuarão sobre a construção (cargas permanentes e cargas acidentais definidas pela ABNT NBR 6118 (2003) como o peso das pessoas, móveis, vento, etc), as forças internas que então se originarão (tensões) e o material que poderá resistir a essas forças e tensões, que poderá ser madeira, aço, concreto ou uma mistura de dois ou mais destes materiais.

O tipo mais comum de estrutura no Brasil é construído em concreto armado convencional. O projeto de uma estrutura em concreto em geral consta dos desenhos das fundações (estrutura de sustentação normalmente enterrada) e superestrutura que é a parte acima do terreno.

Dentre estes desenhos alguns são de fôrmas, que apresentam todas as dimensões dos elementos estruturais, todos os níveis e distâncias entre os elementos (pilares, lajes e vigas) e outros desenhos de armações que apresentam todas as barras de aço, seus comprimentos, detalhes, posições e montagens que comporão o conjunto concreto armado (concreto + aço).

O desenho é a linguagem utilizada por arquitetos e engenheiros. É a representação de um objeto espacial em figuras de duas dimensões, isto é, em várias figuras planas. Portanto, utilizar a linguagem do desenho é um processo complexo. O profissional tem que fazer a correlação entre o objeto e a sua representação. Esse é um processo eminentemente mental.

Projetos do subsetor de edificações de construções residenciais unifamiliar ou multifamiliar - casas e prédios de pequeno porte - envolvem o engenheiro calculista, o arquiteto e o(s) engenheiro(s) de instalações prediais (água, esgoto, eletricidade, antenas, para-raios, entre outros).

A função do arquiteto é de traduzir os desejos e as necessidades do cliente em função de suas condições socioeconômicas e culturais, a partir dos condicionantes do terreno e da legislação vigente dos órgãos reguladores da construção civil e fazer o projeto arquitetônico que deverá ser aprovado por estes órgãos competentes.

O projetista estrutural deve, a partir da análise do projeto arquitetônico, conceber e lançar a estrutura, que consiste em definir sua forma, com dimensões estimadas. Em seguida passará ao

dimensionamento da estrutura. O calculista faz o levantamento das cargas a serem lançadas e parte para o cálculo dos esforços. Com o resultado deste cálculo ele faz o detalhamento da estrutura, que são os desenhos detalhados das peças constituintes da estrutura. O projeto estrutural consiste em vários desenhos chamados planta de locação, desenhos de fôrma e armação.

Os projetos considerados mais complexos, como os de grandes estruturas prediais, da construção pesada e montagem industrial, envolvem engenheiros de muitas especialidades para os serviços específicos (processo industrial, instalações, terraplenagem, consultoria de solos, traçados rodoviários, ar condicionado, especialistas em fluxos, movimentação de cargas, só para citar alguns) além de arquitetos, paisagistas, urbanistas, e os gerentes de projetos e coordenadores de projetos.

Um projeto do subsetor de edificações, que envolve arquitetura, estrutura e instalações é normalmente desenvolvido em etapas, sendo que em cada etapa é feito o cruzamento de informações que permitem o aprimoramento de cada especialidade (compatibilização de projetos). Estas etapas podem ser visualizadas da seguinte forma:

1ª etapa: Estudos Preliminares

O arquiteto define um estudo que atenda ao cliente e aos órgãos competentes. É o estudo preliminar de arquitetura. A partir deste estudo, o calculista define o estudo preliminar de estrutura procurando criar uma

estrutura que atenda ao projeto arquitetônico e chamando atenção para situações que de alguma forma não atendam às normas ou que impliquem em soluções economicamente dispendiosas ou pouco seguras. Procedimento semelhante é desenvolvido pelo engenheiro de instalações.

2ª etapa: Anteprojeto

O arquiteto incorpora ao projeto preliminar as informações obtidas a partir dos estudos estruturais e de instalações produzindo o anteprojeto de arquitetura. Com base neste projeto mais elaborado, os engenheiros calculistas e de instalações partem para a elaboração de seus anteprojetos, ou seja, há condições prévias que precisam ser atendidas e compatibilizadas. No projeto estrutural são elaborados desenhos de fôrmas com dimensões dos elementos estruturais e dimensões gerais, cortes e detalhes para serem novamente analisados pelo arquiteto e instalador. Procedimento igual para o anteprojeto de instalações.

3ª etapa: Projeto Final

Feitas todas as análises e comentários sobre os anteprojetos, cada especialista parte para fazer seu projeto final. O arquiteto parte para a elaboração do projeto de detalhamento, o calculista elabora os desenhos finais de fôrmas e armaduras e o engenheiro de instalações elabora os desenhos finais de cada uma das instalações envolvidas.

Para projetos de grandes estruturas do subsetor de edificações e dos subsetores de construção pesada e montagem industrial, processo semelhante é desenvolvido, porém englobando outros projetos específicos de cada área, o que torna indispensável um coordenador de projetos responsável pela transmissão de todas as informações atualizadas a todos os envolvidos e um gerente de projetos que atue nos contratos de cada profissional especializado. Os projetos destes subsetores são bastante complexos.

5. O CONCEITO DE PROJETO

Ao longo de sua história o setor da Construção Civil foi incorporando conhecimento sistematizado em substituição ao conhecimento provindo unicamente da experiência. Contudo, inúmeras mudanças não foram adequadamente absorvidas pelo setor, como a conceituação da atividade de projeto (MELHADO; AGOPYAN, 1995).

Com o advento da Revolução Industrial no século XVIII, começaram a aparecer as primeiras “práticas consagradas de projeto” que padronizaram a solução de determinados problemas na cultura técnica da época. Anteriormente àquela época, o projeto de um produto não utilizava a representação do produto em desenhos, como é feito atualmente. A concepção do produto passava diretamente da mente do artesão para a matéria-prima. Mais tarde, no final do século XIX, com o surgimento dos “Princípios da Administração Científica” de Taylor, ocorre a separação da

concepção e da execução, havendo a necessidade de se criar um meio de comunicação entre estas duas esferas, o projeto e a produção, surgindo então, o desenho técnico como linguagem codificada. (NAVEIRO; OLIVEIRA, 2001, p.14-15). O modelo taylorista de organização da produção se disseminou ao longo do século XX e só recentemente vem sendo substituído por sistemas de produção mais integrados, onde a concepção e o planejamento detalhado da execução voltam novamente a se integrar, principalmente, através do apoio da informática.

Os projetos devem ser realistas, buscando adoção de medidas de racionalização tanto no projeto como na execução. Porém,

Tem-se verificado em geral uma frequente dissociação entre a atividade de projeto e a de construção, sendo que o projeto geralmente é entendido como instrumento, comprimindo-se o seu prazo e o seu custo, merecendo um mínimo de aprofundamento e assumindo um conteúdo quase meramente legal, ao ponto de torná-lo simplesmente indicativo e postergando-se grandes partes das decisões para a etapa da obra. (MELHADO; AGOPYAN, 1995).

Muito provável que seja esta a causa da ocorrência de grande parte dos problemas no processo produtivo da construção. As soluções apresentadas no projeto devem refletir a maneira real que a obra deverá ser executada, na qual todas as interferências e problemas deverão ter sido solucionados antes da execução (FRANCO; AGOPYAN, 1993).

O projeto deve ser encarado como informação, a qual pode ser de natureza tecnológica ou de cunho puramente gerencial, sendo útil ao planejamento e programação das atividades de execução ou que a ela dão suporte.

Podemos entender o projeto por diversos enfoques. O projeto

como criação:

[...] um processo para realização de idéias que deverá passar pelas etapas de: idealização, simulação (análise) e implantação (protótipo) e escala de produção” (RODRIGUEZ, 1992 citado por MELHADO; AGOPYAN, 1995)

[...] um modelo de solução para resolver um determinado problema. (MARQUES, 1992 citado por MELHADO; AGOPYAN, 1995)

[...] uma atividade criativa, intelectual, baseada em conhecimentos [...] mas também em experiências [...] um processo de otimização. (STEMMER, 1988)

A ciência do projeto é a arte de criar o artificial – atividade chave que faz a transposição do natural para o artificial. (SIMON, 1969 *apud* NAVEIRO; OLIVEIRA, 2001, p.19)

Projeto é uma atividade que produz uma descrição de algo que ainda não existe, porém capaz de viabilizar a construção desse artefato em criação. (NAVEIRO; BORGES, 1997)

O projeto pode ser entendido como atividade de resolução de problemas. De acordo com a *National Science Foudation* (MILES; MOORE, 1994 *apud* NAVEIRO; OLIVEIRA, 2001: 33), projeto é um processo de tomada de decisão; de planejamento e busca; de satisfação de restrições, enfim, é uma atividade de resolução de problemas.

Projetar é uma atividade complexa em que os problemas a serem solucionados pelos projetistas são mal estruturados ou incompletos. É uma atividade que envolve mecanismos mentais de estruturação, análise e síntese (NAVEIRO; OLIVEIRA, 2001, p.31).

Uma outra abordagem para a conceituação de projeto vem da área de Sociologia da Inovação a qual considera o projeto como um processo coletivo de construção de um artefato no qual o resultado é maior que a soma ou síntese das contribuições individuais dos participantes (NAVEIRO; OLIVEIRA, 2001, p.34).

6. A IMPORTÂNCIA DO PROJETO PARA A EFICIÊNCIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

No processo produtivo da Construção Civil, a falta de um planejamento rigoroso das atividades implica na execução de tarefas desnecessárias ou na sua execução inapropriada, acarretando, por exemplo, em tempos de espera, retrabalhos, perdas, desperdícios.

A ocorrência de vícios operativos incorporados ao processo produtivo em alguma ou em várias das etapas da construção (planejamento, projeto, fabricação de materiais, construção e utilização) implica na ocorrência de inadequações.

Para se construir com qualidade, medidas de racionalização devem ser adotadas, efetivando ao máximo os processos construtivos e a sua eficiência, otimizando o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos disponíveis na construção em todas as suas fases, desde a concepção. (SABBATINI, 1989).

O princípio da racionalização deve ser utilizado de forma ampla, sendo necessário um grande esforço por parte dos profissionais envolvidos nas diversas atividades, implicando em uma mudança de postura por parte destes. (FRANCO, 1992).

É importante garantir a atuação do construtor e dos consultores de tecnologia construtiva nas etapas iniciais do empreendimento visando a escolha apropriada entre as diferentes tecnologias, para que sejam incorporados aos projetos, procedimentos executivos mais racionalizados.

Às diversas medidas de racionalização, desde a concepção de um empreendimento na Construção Civil que devem ser tomadas visando simplificar e facilitar as atividades de execução para se atingir os objetivos globais da construção, dá-se o nome de construtibilidade (VANNI, 2001).

O *Construction Industry Institute* – CII (1987) citado por Melhado e Agopyan (1995) define construtibilidade como “o uso otimizado do conhecimento das técnicas construtivas e da experiência nas áreas de planejamento, projeto, contratação e operação em campo para se atingir os objetivos globais do empreendimento.”

Muitas pesquisas apontam que é na etapa de projeto que se têm as melhores condições de implantar essas medidas visando a construtibilidade.

Quadro 1 - Origem dos problemas das construções

ETAPAS	PAÍSES				
	Bélgica	Grã-Bretanha	República Fed. Alemã	Dinamarca	Romênia
Projeto	46 a 49%	49%	37%	36%	37%
Materiais/ Compo- nentes	15%	11%	14%	25%	22%
Execução	22%	29%	30%	22%	19%
Uso	8 a 9%	10%	11%	9%	11%

Fonte: HELENE (1992)

No que diz respeito ao Brasil, o levantamento estatístico da origem de patologias na construção certamente apontaria percentuais de comprometimento tão significativos para as diversas etapas do processo quanto os obtidos pela pesquisa europeia.

Há evidências de que o gerenciamento do processo de projeto em geral é negligenciado. Austin *et al.* (1994 *apud* FORMOSO *et al.*, 1998), afirma que para garantir um processo harmonioso para a construção é necessário haver uma abordagem mais sistemática e gerencial do processo para que os efeitos de sua complexidade e da incerteza com relação ao mesmo possam ser diminuídos.

Um dos problemas da Indústria da Construção em todos os países é a dificuldade de coordenar as atividades dos principais participantes e assegurar que todos os trabalhos sejam orientados para um objetivo comum.

A interação entre as distintas equipes de profissionais é complexa e o risco de ocorrência de erros é grande, sendo necessário um planejamento rigoroso das atividades.

A falta de entrosamento entre os diversos projetos executivos leva a improvisações na execução da obra, aumentando custos e, mesmo que não comprometam a segurança da estrutura, levam à obtenção de um produto de mais baixa qualidade.

A tarefa de compatibilização de projetos é fundamental, por estar voltada para a construtibilidade, entendida em seu sentido amplo. A construtibilidade deve, então, se tornar um atributo essencial no processo

construtivo. A coordenação deve constar de responsabilidades claras estabelecidas previamente com preocupação especial nos principais pontos de interferências (MELLE, 1997; LAUTANALA, 1997). Dessa forma, a compatibilização de projetos é uma tarefa voltada à execução e tem de ser considerada como intrinsecamente interligada a ela. (YOUSSEF, 1994)

Para que um empreendimento seja executado de maneira a alcançar os fundamentos da construtibilidade é necessário que haja um comprometimento de todos os participantes do processo, desde a fase de elaboração de projetos até a conclusão da obra.

É muito expressiva a importância do projeto, em que apesar do baixo dispêndio de recursos concentram-se boa parte das chances de redução da incidência de falhas e dos respectivos custos. (MELHADO; AGOPYAN, 1995)

Segundo a “lei de evolução de custos” de Sitter (1984), os custos de recuperação das construções se apresentam segundo uma progressão geométrica de razão cinco.

Sitter (1984) considera quatro etapas distintas, variando desde a fase de projeto até a fase de utilização da construção: fase de projeto; durante a execução da construção; fase de utilização da construção havendo manutenção preventiva e fase de utilização da construção sendo necessária manutenção corretiva.

Na fase de projeto, quaisquer providências tomadas visando prevenir ou corrigir futuras manifestações patológicas correspondem a um custo arbitrado de valor unitário.

Durante a fase de execução da construção, qualquer medida adicional às especificadas em projeto que visem sanear ou evitar ocorrências patológicas não previstas durante a fase anterior corresponderão a um custo da ordem de cinco vezes maior do que se a medida já houvesse sido tomada.

Durante a fase de utilização da construção, havendo manutenção preventiva, quando a possibilidade da ocorrência patológica pode ser prevista ou antecipada e se forem tomadas imediatamente as medidas cabíveis para o seu controle ou supressão, o custo dessa intervenção será cinco vezes menor do que custaria se a medida corretiva for tomada após a ocorrência da manifestação. Mesmo assim esse custo seria 25 vezes superior ao custo incorporado à estrutura se a medida houvesse sido recomendada na etapa de elaboração do projeto.

Durante a fase de utilização da construção, se nenhuma medida foi tomada nas etapas anteriores, será necessária uma manutenção corretiva (correção das ocorrências patológicas). Nesta fase os problemas são evidentes e a deterioração completamente manifesta. O custo para a correção dessas anomalias será cinco vezes aquele da fase anterior e 125 vezes superior aos custos das medidas preventivas, caso estas tivessem sido tomadas na fase de projeto.

Portanto, grande atenção teve ser dada para a fase de projetos. O setor de projetos como um todo tem um papel determinante na qualidade e produtividade finais.

7. OS INSTRUMENTOS DE CÁLCULO NA ÁREA DE PROJETOS

Projetar é uma atividade eminentemente humana, intelectual que envolve habilidades de criação, mecanismos mentais de idealização, análise e síntese, baseados em conhecimentos. Neste campo, engenheiros sempre tiveram a necessidade de utilizar instrumentos de cálculo que os auxiliassem em seu trabalho.

A régua de cálculo foi um instrumento imprescindível no trabalho dos engenheiros calculistas. Introduzida no Brasil na mesma época da divulgação do concreto armado, constituiu por este motivo, um instrumento fundamental para os engenheiros calculistas de concreto armado por muito tempo (TELLES, 1993).

Foram criadas réguas especializadas, como as réguas para engenheiros eletricitistas, réguas para cálculo de concreto armado, réguas de arquitetura, entre outras. Uma régua muito difundida na referida época eram as da marca alemã *Nestler* que tinham escalas especiais para os cálculos de concreto armado (TELLES, 1993).

Estes instrumentos de cálculo tornaram-se tão imprescindíveis que o seu uso tornou-se habitual, os engenheiros recorriam a eles com tanta frequência até mesmo para cálculos simples sem que eles percebessem o contrassenso.

Não era raro observar em obras, nos anos 40, engenheiros realizando verificações expeditas, alterando armaduras, substituindo bitolas e às vezes até mesmo calculando peças novas, tirando do bolso como uma varinha de condão, a famigerada régua de cálculo. Havia também situações cômicas, como a do profissional que, distraidamente, no meio de um cálculo mais complexo, tirava maquinalmente a régua do bolso para multiplicar 2 por 3, achando “rapidamente” mais ou menos 5,99! (VASCONCELOS, 1992).

Até os anos 60, um engenheiro se sentia totalmente desamparado caso perdesse sua régua. (VASCONCELOS, 1992).

A régua de cálculo, que hoje está obsoleta, foi de grande utilidade para o cálculo de estruturas. Fazia-se com ela cálculo de flexão de vigas, bem como operações de multiplicação, divisão, exponenciação, seno, cosseno, tangente e logaritmo. A precisão dos cálculos feitos à régua dependia do tamanho do seu comprimento. Quanto maior, mais precisa, podendo chegar até à terceira casa decimal (VASCONCELOS, 1992).

Depois vieram as máquinas de calcular, as mecânicas (de manivela) e, mais tarde, as elétricas que representaram um enorme avanço para o cálculo de estruturas, pois apesar de em geral serem muito grandes, pesadas e barulhentas, elas possibilitaram cálculos até então impossíveis de serem feitos com as régua e ofereceram uma precisão muito maior. Dentre estas podem ser citadas:

- Máquina Facit

Esta calculadora manual mecânica era acionada através de manivela. Para fazer uma soma com esta calculadora, era necessário digitar um número da parcela e girar a manivela no sentido horário, digitar o segundo número e girar a manivela também no sentido horário e em seguida, aparecia a soma. Se precisasse de uma subtração, a manivela era girada no sentido anti-horário depois de digitado o segundo número e em seguida aparecia o resultado. Para fazer uma multiplicação, uma série de somas teriam de ser realizadas.

- Máquina elétrica Facit

A evolução da máquina elétrica em relação à manual ocorreu no sentido de que não era mais preciso mais girar a manivela para operá-la. A própria máquina fazia as quatro operações matemáticas.

Na década de 60 houve uma grande evolução nas calculadoras aparecendo várias calculadoras de mesa, muitas com capacidade de armazenar programas tanto internamente como em cartões magnéticos e algumas quase tão sofisticadas quanto computadores. Estas já eram utilizadas em escritórios de engenharia. O espaço da régua de cálculo no trabalho do engenheiro foi então sendo preenchido pela máquina de calcular, que hoje, cada dia mais, cede o seu lugar para os micro-computadores.

- Calculadora programável *Sharp*

Esta calculadora era programável com cartão magnético e tinha vinte e quatro memórias.

- Calculadora *Burroughs*

Esta calculadora fazia as quatro operações matemáticas e tinha duas memórias. Ela pesava em torno de quatro quilos e em geral precisava de um ventilador ligado em cima dela, para que ela não se esquentasse. Ela custava na época o equivalente a um automóvel *Volkswagen*.

- Máquina Olivetti: máquina operada com cartões magnéticos.

Um novo componente veio, em 1959, iniciar uma nova geração de computadores, trata-se do *transistor*. Este componente tinha a mesma função da válvula, mas era cerca de cem vezes menor e

apresentava menor risco de defeito. Este componente não esquentava, consumia pouca energia e era mais rápido. Por estes motivos, as máquinas se tornaram menores, a execução de tarefas mais rápidas e o nível de segurança de funcionamento bem maior, tudo a um custo menor.

- Computador IBM 1130

Este computador foi instalado em 1966 na Escola de Engenharia da UFMG e ficou funcionando por vinte e um anos. Junto com o computador, foi também instalado o programa *Stress* da área de engenharia de estruturas, primeiro programa de repercussão internacional, desenvolvido por uma equipe contratada pela IBM. Posteriormente, com o aparecimento dos elementos finitos, houve o lançamento do programa *STRUDER*. A versão básica deste computador tinha 8K de memória RAM e um disco rígido de quase meio metro de diâmetro, com 500 k. O da Escola de Engenharia tinha 16K de memória RAM que foi duplicada ficando com 32K, configuração máxima possível para este computador.

- Computador Hot Bit da Sharp

Este computador funcionava conectado a um gravador, através de um *plug* de conexão e era alimentado por programas através de fitas. A televisão cumpria as funções do monitor.

Com o grande avanço da micro-eletrônica, no início da década de setenta, apareceram as mini-calculadoras que evoluíram muito rapidamente. Inicialmente só faziam as quatro operações aritméticas e chegaram a ter um desempenho muito próximo ao dos computadores (SANTOS, 1977).

Das máquinas de calcular utilizadas pelos engenheiros calculistas pode-se destacar algumas da evolução da HP (Hewlett Packard):

- HP 97 - ainda com cartão magnético
- HP 25
- HP 41CV
- HP 42
- HP 32 S - com leitura ótica

Ainda na década de setenta surgem os circuitos integrados que contêm um número muito maior de transistores e numa escala de alta integração. (ZAGO JUNIOR, 1989). São os LSI (*Large Scale Integration*) ou tecnologia de integração em alta escala, que permite um encapsulamento cada vez maior de componentes eletrônicos em uma única pastilha de silício. Os circuitos integrados LSI evoluíram para os VLSI (*Very Large Scale Integration* – Circuitos Integrados em uma Escala Muito Maior de Integração) (GOMES, 1988).

No princípio, os computadores eram muito caros e os engenheiros projetistas estruturais enviavam seus cálculos para serem processados em centros especializados. O início da utilização do computador em projetos estruturais provocou alguns problemas. O hábito dos arquitetos de fazerem certos aperfeiçoamentos em seus projetos ou de atender a modificações exigidas por seus clientes com o cálculo estrutural já em andamento, não causava sérios transtornos com o cálculo feito à mão. Porém, para o cálculo processado por computador, se houvesse um

ajuste no projeto estrutural, por menor que fosse, era necessário repetir todo o processamento. Este fato trouxe prejuízos a muitos calculistas por causa do grande número de modificações que eram forçados a fazer, levando-os a abandonarem este método de calcular por um longo tempo. (VASCONCELOS, 1992).

Estes problemas com as formas de organização do trabalho, naturais quando se introduz novas tecnologias ao processo de trabalho, trouxeram aborrecimentos, mas não foram suficientes para abafar as vantagens que a nova tecnologia proporcionava. Um bom exemplo de vantagem do cálculo feito por computador foi a possibilidade de acelerar o início da execução das obras, uma vez que o cliente passou a poder contratar mais rapidamente os serviços de fundações, aumentando, com isto, cada vez mais o número de adesões a essa nova maneira de calcular.

O grande avanço da microeletrônica com o surgimento dos transistores, circuitos integrados e microprocessadores, deu uma enorme contribuição para a miniaturização e o barateamento dos computadores, tornando-os mais acessíveis.

Em 1981, surge o PC - Personal Computer (Computador Pessoal) facilitando a informatização das empresas, principalmente as pequenas, por não serem vultosos os investimentos. Com os PCs, o poder de processar informações eletronicamente deixou de ser restrito aos CPDs (Centros de Processamento de Dados) para os quais eram necessários grandes investimentos em salas especiais, para não falar no próprio custo dos computadores centrais, os mainframes.

Com o surgimento dos microcomputadores, abriu-se a possibilidade para os escritórios de cálculo comprar ou alugar estes equipamentos, menos onerosos que os primeiros computadores, possibilitando aos engenheiros resolverem seus problemas individualmente e facilitando também as modificações corriqueiras, que passaram a ser feitas com maior agilidade, a um baixo custo.

Na década de oitenta, ocorreu a popularização dos microcomputadores com o aumento da acessibilidade a estes equipamentos e a periféricos gráficos que passaram a ter fabricação nacional e, portanto, preços mais baixos.

Esses instrumentos invadiram os escritórios de projetos de engenharia e abriram as portas para o instrumento de trabalho de hoje, a tecnologia da informação e comunicação. O instrumento de trabalho do engenheiro projetista estrutural da atualidade, diferentemente dos anteriores que se consistiam em equipamento e máquinas, são virtuais. Os computadores pessoais são veículos de acesso a este instrumento virtual que permite aos engenheiros projetistas fazerem simulações e cálculos mais apurados e precisos, obtendo acesso mais rápido à informação e à troca de informações. Nesta tese, ao instrumento virtual mediado pelo computador tratar-se-á de **tecnologia da informação e comunicação (TIC)**.

Esta tese objetiva identificar as mudanças que se fazem necessárias nas abordagens pedagógicas visando a atualização e o aperfeiçoamento da formação inicial e continuada do engenheiro projetista

estrutural. Portanto, vale questionar como se deu a informatização dos escritórios de projeto estrutural, as implicações da inserção da tecnologia da informação na organização do trabalho nestes escritórios e se a tecnologia da informação contribuiu negativamente ou positivamente para a intelectualização do trabalho do engenheiro calculista.

Entende-se, portanto, que é necessário tomar conhecimento sobre a realidade das transformações tecnológicas na área de projeto estrutural e suas implicações para as relações com o saber profissional e para as relações de saberes no setor, tendo em vista a discussão sobre a formação dos engenheiros projetistas.

8. AUTONOMIA TECNOLÓGICA

Na análise da evolução dos instrumentos de cálculo foi possível notar a necessidade do homem de obter auxílio em seus cálculos e a dependência que ele passa a ter dos objetos que lhe dão suporte. Se antes essa relação se estabelecia entre os engenheiros e a régua de cálculo, hoje esta acontece envolvendo a tecnologia da informação e comunicação.

Para as análises que serão feitas no desenvolvimento desta tese, faz-se necessário problematizar a questão das implicações da informática sobre a autonomia do engenheiro projetista.

Como atualmente os computadores são instrumentos que se encontram em todos os escritórios de cálculo estrutural, vale indagar qual tem sido a lógica que permeia a relação dos engenheiros com as empresas do setor de informática.

Na área de informática ocorre a interdependência dos produtos das empresas que produzem o hardware e das empresas que produzem o software. Uma vez lançado um novo software no mercado ou uma nova versão de um software já existente, para se utilizar este novo produto é necessário aumentar a capacidade do hardware, criando assim um ciclo vicioso de consumo.

Outro fator bastante preocupante em relação aos softwares produzidos por estas empresas é a questão de serem vendidos apenas os seus arquivos executáveis. Isto significa que essas empresas não entregam o seu código fonte, que permite ao consumidor saber realmente o que está comprando, como funciona o produto, impedindo também que o consumidor possa fazer modificações ou adaptações para melhor se adequar às suas necessidades. O que o consumidor adquire é uma verdadeira “caixa preta”, que o impede de ter autonomia sobre o produto.

Além do mais, as licenças dos softwares são extremamente caras, cujo valor é cobrado por máquina. Se, por exemplo, um engenheiro adquirir um determinado software para seu escritório, ele não tem o direito de instalar o produto em todas as suas máquinas, a menos que pague tantas vezes o valor da licença quantos forem seus computadores. As

licenças são temporárias devendo-se pagar novos valores a cada renovação.

Sendo o computador hoje um instrumento de trabalho imprescindível para o engenheiro calculista, é importante que esforços sejam feitos no sentido de criar meios para que os engenheiros tenham autonomia sobre esta tecnologia.

Michael Porter (1986) em seu livro *Competitive Strategy* (Estratégia Competitiva) descreveu a estratégia competitiva como ações ofensivas e defensivas de uma empresa para criar uma posição sustentável dentro da indústria. O autor identificou três estratégias genéricas que podem ser usadas individualmente ou em conjunto para criar uma posição sustentável em longo prazo.

A primeira é a estratégia competitiva de “custo”, na qual a empresa centra seus esforços na busca de eficiência produtiva, na ampliação do volume de produção e na minimização de gastos com propaganda, assistência técnica, distribuição, pesquisa e desenvolvimento, e tem no preço um dos principais atrativos para o consumidor. A opção pela estratégia competitiva de “diferenciação” faz com que a empresa invista mais pesado em imagem, tecnologia, assistência técnica, distribuição, pesquisa e desenvolvimento, recursos humanos, pesquisa de mercado e qualidade com a finalidade de criar diferenciais para o consumidor. A estratégia competitiva de “foco” significa escolher um alvo restrito, no qual, por meio da diferenciação ou do custo, a empresa se especializará atendendo a segmentos ou nichos específicos.

A área de projetos estruturais é bastante específica, sendo a estratégia de foco naturalmente atendida. Uma vez que os engenheiros projetistas estruturais devem utilizar a tecnologia a seu favor, uma maior atenção às estratégias de custo e diferenciação em relação à tecnologia e assistência técnica é necessária aos escritórios de projetos estruturais.

Vale então levantar a questão da utilização de *software* fechado. Uma vez que o engenheiro utiliza um *software* fechado, ele está se escravizando técnica e economicamente, já que não lhe é fornecido ao seu código fonte, e nem a liberdade de modificá-lo, de adaptá-lo às suas necessidades, a menos que o proprietário do *software* se disponha a fazê-lo, limitando-o a fazer o que o programa permite e pagando por novas versões onde as modificações feitas foram impostas pelo proprietário, elevando os custos de sua função.

Hoje em dia, o que predomina é a comercialização de *softwares* proprietários em todas as áreas, desde sistemas operacionais, aos editores de texto até os *softwares* específicos para diversos fins. Quando um *software* é produzido, milhões de cópias são vendidas, muitas vezes por um alto preço, sendo que seu custo de produção é rapidamente pago na venda das primeiras cópias.

É necessário que os engenheiros calculistas tenham autonomia sobre seus instrumentos de cálculo. Saber como o *software* que utiliza funciona, ter a liberdade de alterá-lo para poder trabalhar com o instrumento adaptado ao seu modo e às necessidades de sua empresa são iniciativas imprescindíveis. O que se faz preeminente hoje é a preocupação

com a autonomia tecnológica. É necessária a instrução dos engenheiros a respeito do *software* aberto.

O conceito de *software* aberto é bem diferente do de *software* fechado (ou proprietário):

O conceito mudou. Deixa de assentar-se sobre o capital e passa a favorecer o trabalho. As empresas e as pessoas deixam de usufruir da propriedade sobre conhecimentos que só existem porque inúmeros outros homens e mulheres existiram antes e produziram outros conhecimentos. Passam a se remunerar por serviços prestados: atualizações de programas, adaptações, assistência técnica, etc. (MIRANDA, 2001)

A principal característica do *software* aberto é a disponibilização do código fonte a qualquer interessado. A partir do momento que você tem o código fonte, você sabe como aquele *software* funciona. O código fonte de um programa é escrito em uma linguagem qualquer compreensível por aqueles que têm um conhecimento suficiente de informática. Quando o programa é compilado, é gerado o seu executável e o código fonte passa a ter uma linguagem de máquina, binária, complexa e difícil de ser compreendida. Quando uma pessoa adquire um programa proprietário (ou fechado), ele recebe apenas o seu executável e ao executar o programa, só é possível trabalhar com o que está ali, não se sabe o que está rodando por trás. (COSENZA, 2002).

A filosofia do *software* aberto é o desenvolvimento cooperativo, onde há a possibilidade de parceria entre empresas e o compartilhamento de experiências, principalmente quando há similaridade de situações.

O objetivo deste modelo de desenvolvimento de *software* é torná-lo disponível para um número cada vez maior de desenvolvedores

e usuários de modo que o maior número de pessoas possa tanto contribuir quanto usufruir do *software*. (KON, 2001)

Caso o usuário precise de ajuda na instalação do *software*, precise fazer adaptações ou de uma assessoria para capacitar o pessoal da sua empresa, existem firmas no mundo todo que possam oferecer estes serviços. O usuário paga por treinamento, suporte, consultoria e não por uma cópia de uma “caixa preta”. Com isto gera-se mais emprego aumentando-se a possibilidade, principalmente, de se pagar por força de trabalho nacional.

O conceito de *software* aberto é coerente com o conceito da propriedade social do conhecimento, ele é muito mais coerente com a visão que nós temos que você deve ganhar pelo seu trabalho e não pela propriedade eterna em um pacote que você desenvolveu e passa a vender “caixinhas” sem nenhum adicional de trabalho. (COSENZA, 2002)

Software aberto é normalmente escrito de forma a prever extensões de suas finalidades e adaptações a diferentes requisitos de seus usuários. Em geral, ele pode ser utilizado em diversas plataformas de *hardware* e para diferentes sistemas operacionais (abertos ou não) (KON, 2001).

Por ser um produto configurável, o *software* aberto evita o consumo crescente de *hardware* e de novas versões de sistemas operacionais. Não consomem recursos de máquina desnecessariamente, tornando possível o aproveitamento de equipamentos mais antigos.

Toda a filosofia do *software* aberto é baseada em promover ao usuário mais independência, flexibilidade, qualidade, confiabilidade, maior

acessibilidade a esta tecnologia, a um custo mais acessível.

Contudo, a grande desinformação sobre a existência e as vantagens dos *softwares* abertos é ainda acentuada pelo fato de não existir um *marketing* tão grande como ocorre com os *softwares* proprietários, onde há muito dinheiro disponível para tal. É fundamental que as devidas informações sobre as duas modalidades de *software* sejam fornecidas a engenheiros e demais profissionais para uma real conquista de liberdade de escolha.

Os fatores tecnológicos são ferramentas de auxílio, não de descarte de pessoas, podem aumentar a produtividade, gerar economias antes impensadas e dar uma estrutura muito melhor para se trabalhar com mais conforto e comodidade, sem perder o retorno pessoal e financeiro. (...) sendo o fator tecnológico mais importante o cérebro humano e a ação do homem ao tirar proveito do que constrói. (MENSHEIN, 2007)

O processo mundial de globalização promoveu mais agilidade nos contatos com pessoas e na prestação de atendimentos ao consumidor sem a necessidade de deslocamento. Através da utilização de microcomputadores e suas ferramentas de comunicação, atendimentos em si são agilizados e até mesmo custos do cliente por serviços simples e que ele mesmo pode realizar com base nas orientações dadas são evitados.

Um dos pontos que mais podem influenciar na área da informática hoje são os *softwares on-line*, que necessitam apenas de uma boa conexão de *internet* e podem praticamente eliminar a necessidade da pessoa se deslocar ou entrar em contato direto com o consumidor para prestar algum serviço quando surge alguma espécie de problema

relacionado ao *software*.

Até mesmo a eliminação de discos rígidos afeta diretamente a necessidade de um profissional especializado no conjunto *hardware/software* da máquina, pois os arquivos pessoais estarão em grandes servidores e o risco de algum arquivo importante ser apagado do sistema operacional se torna mínimo.

A evolução neste tipo de negócio é fator determinante para gerar uma demanda maior por equipamentos e programas mais específicos e adaptados ao uso final, em empresas e até mesmo aos usuários “comuns”. (MENSHEIN, 2007)

Nesta perspectiva, a autonomia tecnológica do engenheiro projetista estrutural torna-se uma questão estratégica com implicações para sua capacidade de trabalho, para a qualidade do seu produto final e para condições de formação e desenvolvimento profissional, questões que são fundamentais nesta investigação.

CAPÍTULO II

IMPLICAÇÕES SOCIOTÉCNICAS DAS MUDANÇAS TECNOLÓGICAS NO TRABALHO DE ENGENHEIROS PROJETISTAS

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é realizada a análise de algumas e significativas mudanças que o recurso à mediação das tecnologias de informação e comunicação vem promovendo no processo de trabalho de engenheiros projetistas estruturais. Tem-se, com isto, o propósito de identificar as bases materiais que fundamentam as atuais exigências de ajustes na formação destes profissionais como consequência de um possível aprofundamento da intelectualização neste exercício profissional.

Para tanto, foram levantadas informações junto a engenheiros projetistas pertinentes a um conjunto de condições de trabalho e de relações profissionais que o uso da tecnologia da informação como instrumento de trabalho inaugura nas atividades exercidas nos escritórios de projeto estrutural.

Através das entrevistas, as transformações nos processos de trabalho provocadas pela grande evolução tecnológica nos instrumentos de trabalho com a formação profissional atualmente requerida foram aferidas. As experiências profissionais deste grupo cobrem um período histórico de

quase quarenta anos (1962 a 2000). Outro marco utilizado foi a informatização dos escritórios de projeto estrutural, que foi iniciada na década de oitenta em função do aparecimento dos PCs.

Foram considerados, então, dois grupos de entrevistados: o primeiro composto pelos sujeitos A, B, C, D, E, F e G, graduados antes de 1980; e um segundo grupo composto pelo restante dos entrevistados, H, I, J, K, L e M, graduados a partir de 1980.

Foram feitas entrevistas seguindo um roteiro construído com base em conceitos de Charlot (2000, p.80) sobre as relações constitutivas da relação com o saber, concebidas por: a) relações com o tempo; b) relações com os sistemas simbólicos; c) relações com as formas de atividade; d) relações consigo mesmo; e) relações com o mundo; f) relações com o outro.

Todas as respostas dos entrevistados foram analisadas qualitativamente, com base na metodologia de análise do discurso do sujeito coletivo - DSC.

Em conformidade com esta metodologia, procedeu-se à análise de cada questão separadamente, utilizando-se as respostas de todos os sujeitos entrevistados que foram conjuntamente agrupadas e classificadas numa tabela que serviu de recurso para esta análise. Em cada uma das respostas foram marcadas expressões-chave de idéias centrais (que têm um sentido mais direto) e/ou de ancoragens (que correspondem às crenças subjacentes) e colocadas em suas colunas correspondentes.

As ideias centrais são descrições do sentido presente nas expressões-chave e não interpretações. É importante notar que tanto a idéia central quanto as ancoragens têm as mesmas expressões-chave. A diferença entre a idéia central e a ancoragem é que a mesma expressão-chave remete tanto ao seu sentido mais direto, representado pela idéia central, quanto à ideologia ou à crença subjacente, representada pela ancoragem. (LEFÈVRE; LEFÈVRE, 2003, p.52)

As ideias centrais e ancoragens de mesmo sentido ou de sentido equivalente, ou de sentido complementar foram agrupadas. Para cada grupo foi criada uma ideia central ou ancoragem síntese, que expressa todas as ideias centrais e ancoragens de mesmo sentido e, a partir do qual, foi construído um discurso do sujeito coletivo (DSC).

Para construir o DSC é preciso “discursivar” ou sequenciar as expressões-chave obedecendo a uma esquematização clássica do tipo: começo, meio e fim ou do mais geral para o menos geral e mais particular. A ligação entre as partes do discurso ou parágrafos deve ser feita através da introdução de conectivos que proporcionam a coesão do discurso como: assim, então, logo, enfim, etc. Deve-se, também, eliminar os particularismos de sexo, idade, eventos particulares, etc., processo que se chama de desparticularização. Deve-se igualmente eliminar as repetições de idéias, mas não da mesma idéia quando expressa de modos ou com palavras ou expressões distintas ainda que semelhantes. (LEFÈVRE; LEFÈVRE, 2003, p.52).

2. RELAÇÕES COM O SABER E DE SABERES

2.1 - Relação com o tempo

Considerou-se importante levantar as seguintes dimensões temporais: o tempo como engenheiro civil e de atuação na área de projeto estrutural, o tempo em que utiliza informática no trabalho, e o tempo dedicado ao trabalho e à informática.

⇒ **Tempo como engenheiro civil e de atuação na área de projeto estrutural**

Quadro 2 - Tempo como engenheiro civil e de atuação na área de projeto estrutural

Entrevistado	Ano de formatura	Início de atuação na área de projeto estrutural
A	1962	Estágio e como profissional em 1970
B	1964	1965
C	1967	1968
D	1971	Dois meses antes de se formar
E	1975	1973
F	1976	1980
G	1977	1978
H	1980	1978
I	1983	Ainda na graduação
J	1988	1985
K	1992	1990
L	1998	1996
M	2000	1998

Os entrevistados graduaram-se na Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (E.E.UFMG) com exceção do entrevistado F, que apesar de não ter se graduado nesta instituição é especialista em engenharia de estruturas pela E.E.UFMG. Todos ingressaram na área de projeto estrutural logo no início de suas carreiras profissionais.

A maioria começou a trabalhar em empresas ou escritórios de cálculo ainda enquanto estudantes (oito), três logo após a formatura na graduação. As exceções são os entrevistados A e F. O entrevistado A por ter se dedicado primeiro ao mestrado e doutorado e o entrevistado F, por só ter tido oportunidade de trabalhar na área quatro anos após a sua formatura.

⇒ **Tempo que utiliza informática no trabalho**

Hoje todos os escritórios e empresas encontram-se informatizados. Os engenheiros entrevistados formados a partir da década de oitenta, época do advento dos PCs, já iniciaram suas carreiras profissionais utilizando o computador no seu trabalho. O Entrevistado H, que se formou em 1980, fase de transição da informatização dos escritórios de projetos, sempre utilizou o computador, mas logo no início de sua carreira, o instrumento mais utilizado era a calculadora programável. Os entrevistados graduados anteriormente ao advento dos PCs, tiveram oportunidade de utilizar o computador em seus cálculos, mas foi com a informatização de seus escritórios ou empresas que se deu a partir do final da década de oitenta, e mais intensamente na década de noventa, que seus projetos passaram a ser feitos com uma utilização mais efetiva da tecnologia da informação.

⇒ **Tempo dedicado ao trabalho e que passa trabalhando com o computador**

O trabalho dos engenheiros calculistas demanda muito tempo de dedicação. Os engenheiros entrevistados trabalham, em média, nove a dez horas diárias, independentemente do tempo que têm de profissão, cargo ou função. A maioria trabalha aos sábados. Nos momentos em que o volume de trabalho é maior ou em que o prazo para entrega do projeto é curto em relação à quantidade de trabalho ainda necessária para a conclusão do projeto, trabalham durante os finais de semana.

O tempo que os entrevistados passam trabalhando com o computador é maior no caso dos entrevistados formados após a informatização dos escritórios de cálculo chegando a oitenta por cento do tempo que passam no trabalho. As atividades dos calculistas são determinantes deste tempo. À medida que o engenheiro calculista vai adquirindo mais experiência na profissão, vai passando a assumir mais as atividades administrativas e de gerenciamento, que são atividades que exigem menos tempo de utilização do computador. O uso do computador é mais intenso nas atividades de desenvolvimento das estruturas, cálculo e simulações, desenho e troca de informações com a utilização da *Internet*. Sendo assim, os engenheiros mais novos passam mais tempo trabalhando com o computador.

2.2 - Relação com os sistemas simbólicos (representações)

⇒ Inovação tecnológica na área de projetos estruturais

Os entrevistados foram unânimes em considerar o computador e *softwares* como uma importante inovação tecnológica na área de projetos estruturais.

AC 5¹ - Computadores e *softwares*.

Discurso do Sujeito Coletivo - DSC

O computador como ferramenta, os softwares e o progresso da “amabilidade” deles. A parte de informática, o computador foi o grande avanço, não só para o cálculo, quanto para o desenho. Em termos de cálculo é muito mais rápido. O que muda são os recursos de cálculo que se têm hoje, nós rodamos uma estrutura com muita rapidez. Antigamente você calculava uma viga, para calcular um andar você ficava uma semana. Agora você calcula um andar em duas horas. Em relação ao software gráfico é a mesma coisa, antes era nanquim, prancheta, papel manteiga, melhorou muito o tempo de desenvolvimento de projeto, de alterações, limpeza do desenho. A evolução foi muito grande tanto na parte de software quanto na área de pesquisa na área estrutural. Com os programas de computadores ligados à área de projetos, hoje em dia você consegue cálculos mais aproximados do que a gente tinha anteriormente. O computador ajudou demais a você ter mais opções de apurar mais o seu cálculo. Permite experimentar soluções: vão colocar o pilar ali, vão tentar agora colocar um pilar aqui. Hoje temos programas de elementos finitos, por exemplo, onde você pode refinar a sua malha. Antigamente você tinha uma laje, e se você não soubesse calcular, você exagerava aquela laje. A análise de estruturas antes do computador parecia uma coisa enorme, monstruosa, os livros eram imensos, centenas e centenas de páginas para fazer relativamente pouca coisa e a gente não tinha uma visão do conjunto, era tudomuito fragmentado, era devido ao fato de que nós não tínhamos condições de resolver grandes sistemas de

¹ Estes códigos são formados pelas letras AC para ancoragens e IC para idéias centrais. O numeral que vem na seqüência indica o número da pergunta feita ao entrevistado de acordo com o roteiro de entrevistas (APÊNDICE A). Quando foi possível construir mais de um DSC a partir das respostas de uma determinada pergunta, as ancoragens e idéias centrais receberam uma letra no seu código após o número.

equações, a gente trabalhava sistematicamente com modelos simplificados e procurando resolver cada tipo específico de estrutura da maneira mais simples possível. Então na verdade os livros eram manuais de macetes, o pórtico fulano de tal você faz assim, a viga você faz assado, tudo aquilo era pórtico mas você tinha uma técnica para cada coisa, e a gente se perdia naqueles livros de 600, 700, 800 páginas.

⇒ **Utilização da tecnologia da informação na área de projeto estrutural**

A maioria dos entrevistados considera que a utilização da tecnologia da informação como instrumento de trabalho dos engenheiros projetistas estruturais se deu por imposição do mercado. Alguns deles acreditam que as vantagens/potencial deste instrumento foram suficientes para que ocorresse esse processo de inserção tecnológica.

AC 14A - Utilização do computador na área de projeto estrutural como uma imposição do mercado.

DSC

Eu acho que foi uma imposição do mercado, ele facilita, diminui os custos, se você quiser ficar dentro do mercado você tem que usar o computador, se você ficar fora do computador você vai ter prejuízo. Quem não utiliza o computador sente dificuldades de se encaixar no mercado de trabalho. Eu vou te dar um exemplo: você vai fazer o projeto de uma casa, o cálculo estrutural de uma casa, o arquiteto já passa aquilo para o software gráfico, ele te passa a casa no arquivo. Se você começa a mexer na casa lançada por ele você já ganhou tempo, muito tempo. Um bom arquiteto te dá aquilo com todas as dimensões, com cota, já na escala, então você agiliza seu trabalho. Se você não for usando o computador como instrumento você provavelmente vai ter dificuldade no mercado, então é uma imposição natural, eu acho que você acaba sendo obrigado a assimilar isso. Quando começamos a fazer os cursos de software gráfico aqui, nossos concorrentes estavam trabalhando no CAD, então tinha que entrar, o envio de desenhos, se não tivesse Internet, como você ia mandar seu desenho para o cliente, todos faziam o desenho no computador, você não pode ficar para trás, isso é o mercado que te impõe mesmo. Se você não sabe usar, você fica fora do mercado de trabalho, realmente obrigou a inovar e sempre trabalhar com isso, para os próprios projetistas, não só para o engenheiro, o projetista que usava prancheta foi obrigado a usar o software gráfico, tudo via computador.

IC 14B - Não acho que foi imposto, o computador apareceu e foi um benefício muito grande.

DSC

Não concordo que tenha sido uma imposição, ele apareceu e foi um benefício muito grande. É uma ferramenta que foi colocada e logicamente que nessa competitividade que nós temos hoje é muito útil, principalmente na área de estruturas, para um projeto que você tenha que fazer diversas análises, é uma ferramenta muito poderosa. Eu acho que ele é um companheiro muito útil. É, eu acho que sem o computador a engenharia não teria avançado como ela avançou. Eu encaro o computador como um companheiro, não como uma coisa imposta que se tenha que usar, uma obrigação.

⇒ **Como os engenheiros lidam com a tecnologia da informação**

Os entrevistados atribuem à idade do engenheiro a condição para se ter mais facilidade de lidar com a tecnologia da informação. Quanto mais novo, seria maior a facilidade. Apenas um entrevistado acredita que seja uma particularidade intrínseca à pessoa.

IC 15 A - O pessoal mais novo lida com muito mais facilidade com o computador.

DSC

Sim, tem diferença, a começar pela faixa etária. Eu acho que o pessoal mais novo lida com muito mais facilidade, já nasceram mexendo com computador. É tão natural para eles esse processo! As pessoas com mais de 50 anos hoje, elas podem saber, mas poucas têm assim muita intimidade com computador. Têm receio de fazer alguma coisa errada no computador, o pessoal mais novo vai tentando, mexendo. Como eles já utilizam mais, utilizam melhor o computador. As pessoas mais jovens têm essa necessidade de fuçar o computador, saber como é, que programa mudar, alterar configurações. Isso, eu acho que realmente tem diferença, é uma formação diferenciada. As pessoas mais velhas têm menos paciência, e quanto mais nova a pessoa for, mais interesse ela tem em aprender, mais quer saber.

IC 15B – A forma de lidar com o computador depende da pessoa.

DSC

Já é próprio da pessoa, da vontade de aprender. É pessoal. Eu acho que cada pessoa tem um álibi interno, entendeu? Natural, certo?

⇒ **Vantagens da utilização da tecnologia da informação no trabalho**

Como vantagens da utilização da tecnologia da informação no trabalho, os entrevistados apontam facilidade e agilidade na comunicação e compatibilização de projetos, facilidade e rapidez para fazer alterações nos desenhos, melhoria na apresentação e possibilidade de padronização de desenhos, rapidez para resolver a parte mecânica da estrutura, bem como a potencialidade desta tecnologia para se fazer a análise estrutural.

AC 25A - Facilidade e agilidade na comunicação e compatibilização de projetos

DSC

Facilidade de comunicação e agilização do trabalho. Principalmente a rapidez, a velocidade de troca de informações de apresentar projetos ou estudos em um tempo mais curto. Hoje, temos a possibilidade de enviar um projeto direto para a obra. Antes, para fazermos um projeto para uma obra em outra cidade, tínhamos que tirar cópias de todo o projeto, correr com ele para o aeroporto para colocá-lo em um avião. Como os projetos são sempre terminados em cima da hora, isto era uma loucura. Para agilizar o processo, estou cansado de mandar projeto por e-mail. Direto, isso ajudou demais. A agilidade com a que hoje a gente trabalha é muito maior, você está concebendo a estrutura de um prédio, que tenha instalação hidráulica, elétrica, você agiliza ao mandar isso para os outros tipos de projetos que vão trabalhar em conjunto e, assim, que você tem a estrutura lançada, aquele esqueleto já serve para ele começar a fazer o projeto de instalação, então, houve uma agilidade do projeto. Você faz uma estrutura e o arquiteto compatibiliza a sua estrutura. Hoje, ele pega a sua fôrma e joga encima do projeto dele e ele vê que tem alguma coisa fora. Me manda aqui a sua fôrma que aqui eu já aproveito! Com isso já diminui o erro, né? O cara já está lançando encima do meu desenho e para ele

também é muito mais rápido. Ficou mais fácil. Porque antigamente, por exemplo, se havia alguma diferença de cota, era demorado. Não tinha Internet. Hoje ele já manda para você o projeto via Internet, se houve alguma interferência, ele já manda rapidinho para você essa correção. Então facilitou muito. E a convivência é normal, ficou melhor, né?

AC 25B - Facilidade e rapidez para fazer alterações

DSC

Maior produtividade, rapidez, facilidade de operação. O principal é poder fazer pequenas alterações no que concebeu e até grandes alterações, em um curto espaço de tempo. Antigamente, você fazia um desenho, um conjunto de desenhos e se você quisesse fazer uma planta do primeiro desenho para o terceiro desenho, era possível, mas você tinha que pegar uma gilete raspar tudo e redesenhar. Hoje não, com o computador você pode mudar à vontade, não precisa usar borracha, gilete. Você simplesmente dá comandos e muda uma planta, um corte, uma vista, com a maior facilidade.

IC 25C - A parte mecânica da estrutura, você faz com muita rapidez

DSC

Tem mais agilidade. O que eu acho é o seguinte: o importante do programa para quem calculou à mão é que com ele a parte mecânica da estrutura, você faz com muita rapidez. Ele deixa você muito à vontade, assim, para resolver a parte técnica. Entendeu? Análise da estrutura. Você tem muito mais tempo para dedicar à parte de concepção. Porque você sabe que a outra parte é muito rápida. É mais ou menos um alívio, né? Assim, na realidade, também, pela quantidade de projeto que você tem, você pode também programar o tempo. Auxilia nesta parte mecânica, faz tudo no computador. Imagina dimensionar uma viga passo a passo? Eu faço tudo no computador. Quanto tempo não iria gastar? Você joga os dados, só analisa os dados; faz os croquis e passa para o projetista.

AC 25D – Melhoria na apresentação e possibilidade de padronização de desenhos

DSC

É esteticamente mais bonito apresentar um produto ao cliente feito por meio do computador que à mão. Há diversas formas de apresentação do seu trabalho, muito mais claras, muito mais limpas do que você tinha antigamente. É a possibilidade de racionalizar o trabalho. Na área de projeto é a uniformidade de trabalho. Quando se fazia desenho em prancheta, normografava, e não saía exatamente igual. Hoje não, tem um padrão na sua empresa, varia de cliente para cliente, todos os desenhos vão sair com o mesmo tamanho de letra, mesma disposição, uniformiza isso. Sem a informática, seria muito difícil de conseguir tudo padronizado, esquematizado.

IC 25E - A enorme potencialidade do uso do computador para fazer a análise estrutural

DSC

A gente no início achava que era uma máquina que fazia cálculos com grande velocidade, mas quando começamos a estudá-lo vimos que era muito mais que isso. Vimos a enorme potencialidade do uso do computador e de como havia simplificado a análise estrutural, porque não havia mais necessidade dentro dessa nova ótica - usando o computador para resolver grandes sistemas de equações, não havia a necessidade de você ter centenas de modelos estruturais maceteados. Você podia fazer um estudo abrangente, simplificado, trabalhar em cima dos princípios básicos e deixar a máquina resolver o problema.

⇒ **Desvantagens da utilização da tecnologia da informação no trabalho**

É possível destacar como desvantagens apontadas pelos entrevistados da utilização do computador no trabalho: o uso inadequado desta ferramenta por pessoas inexperientes aliado a uma visão equivocada do que é o artifício de utilizar esta tecnologia, a dependência que as pessoas criam do instrumento, o surgimento de problemas de saúde por utilização do computador, dificuldade ainda com a parte de *hardware*, com o monitor do computador que ainda é pequeno para a visualização do desenho inteiro e a impossibilidade de usufruir da potencialidade do uso da tecnologia da informação no trabalho por pressão do mercado.

AC 26A – A utilização da tecnologia da informação por pessoas inexperientes

DSC

No caso de estruturas, é o uso inadequado de softwares. O software, em aparência, para quem não entende, todo mundo sai com um produto mais ou menos parecido. Aparentemente, a qualidade é a mesma, sendo que o projeto de uma pessoa inexperiente pode até ter erros. A informação é muito rápida para o usuário recente, ou recém-formado. Uma pessoa sem

experiência tem muito acesso a informação e muito rápido, sintetiza a vivência, mas corre o risco de cometer grandes erros, porque não teve a experiência e passa a acreditar que é Deus. Isso é um problema. É que eles passam pela escola sem ter essa noção, talvez uma falha da escola de dar a exata dimensão do que é o artifício que você tem no computador ou na calculadora. O erro é achar que existe um engenheiro ali dentro do computador.

AC 26B – A pessoa vicia na ferramenta
DSC

A pessoa se esquece de que o software é um facilitador e vicia naquilo. Deixa de interagir com outras pessoas, acha que o computador é tudo e que para fazer qualquer coisa precisa do computador. Se tirar aquela ferramenta, a pessoa pára. Isso é uma desvantagem da tecnologia. Perde um pouco a ligação com a engenharia em si, fica um pouco bitolado.

IC 26C - Problemas de engenheiros com doenças por causa de trabalho
DSC

Trabalhar com computadores é realmente cansativo. Ficar nove horas na frente de um computador acaba com sua vida: estresse, postura, parte física, problema de visão. Porque ao ter seu trabalho vinculado ao computador, você começa a ter problemas de saúde por isso. E antes não existiam problemas de engenheiros com doenças por causa de trabalho. Podia-se ficar o dia inteiro em cima de uma prancheta .

IC 26D - A tela do computador não te dá a dimensão do projeto inteiro
DSC

O fato de, ainda durante a elaboração de um desenho, não ter a possibilidade de ter uma visão global em uma tela. No formato A0 já tem, mas e o preço? Um bom arquiteto ele sempre começa um projeto rabiscando um papel na prancheta, porque o computador, a tela do computador não te dá a dimensão do projeto inteiro. Concebeu aquele layout inteiro, aí você vai destrinchar cada parte, aí você vai para o computador, então tem algumas coisas que ficam distorcidas no trabalho que o computador faz.

IC 16E – A informática veio na contramão do que ela podia fazer
DSC

A informática é desvairadamente usada. Muitas vezes, o cara usa a informática, mas ela escravizou o engenheiro calculista, na minha opinião. Porque ele tem que estudar cada vez mais e ao invés de ajudar ele a fazer várias soluções e analisar melhor a solução, tira esse pilar daqui, fazer várias soluções, não! Ela veio no sentido de que o cara cada dia quer que você faça com mais pressa e mais barato. Então, ela veio exatamente na contramão do que eu acho que ela podia fazer. Ao invés de ela te ajudar, ela atrapalha hoje. Porque os preços ficaram ridículos, porque cada um faz um preço. O mercado esgoelou todo mundo...

⇒ Saberes importantes para desenvolver projetos estruturais

Destacaram-se, das entrevistas, como saberes importantes para desenvolver projetos estruturais: um bom conhecimento teórico adquirido em uma boa escola; experiência adquirida na prática, desde o estágio; conhecimento de informática, programação, línguas; a visão geral da engenharia; além de saber lidar com pessoas, trabalhar em equipe.

IC 28A - Conhecimento teórico muito bom adquirido em uma boa escola.

DSC

Na área de estruturas, é importante o conhecimento adquirido em uma boa escola. Tem que ter um curso muito bom, uma escola voltada para a área de projetos. Há gente a selecionar, não pegamos de determinadas escolas, aqui em BH na nossa área. Procuramos, preferencialmente, pessoas da UFMG, pois há uma diferença muito grande de curso. Tem que ter uma base teórica fantástica, tem que dominar a teoria toda, compreender análise estrutural, resistência dos materiais, concreto armado, madeira ou metálica, dependendo da área dele. Isso é fundamental! Tem que dominar bem as cadeiras ligadas a projeto estrutural, se for para outra área, cada área o máximo que ele conseguir aprender na escola, não perder tempo achando que uma matéria não é importante. Conhecimento teórico bem solidificado, saber toda a teoria que aprendemos.

AC 28B – Experiência prática.

DSC

Fazer estágio com outro profissional que já esteja nesta área para ele ir tomando conhecimento com a realidade naturalmente, para no dia da formatura não sair do “Labareda” e dizer:- Agora vou ter que pegar um projeto amanhã e fazer. Porque ninguém faz. Tem que acontecer naturalmente no dia a dia. Trabalhar até se sentir em condições de ir pelas próprias pernas. Mas nada brusco. Tudo numa sequência natural. Ele tem que ter os conhecimentos básicos de escola, mas ele tem que entrar em uma firma para fazer estágio. Primeiro, a escola te dá o direcionamento básico. E a experiência profissional, participando de obras, trabalhando, o conhecimento que a pessoa tem que querer. É muito importante você buscar um aprendizado específico depois, na nossa área é muito difícil saber tudo, mas o

fundamental é você correr atrás, você usar tudo o que está disponível, participar de projetos, obras, que hoje para diversificar é complicado, mas você utilizando o conhecimento é fundamental para um bom projetista. Estar sempre atualizado. Saber aprender dentro da firma, sugar as coisas novas.

IC 28C – Conhecimento de informática, programação, línguas.

DSC

Informática, programação. Hoje ele tem que dominar computador. O cara hoje que não sabe computador... Conhecimento de software. Saber como o software utilizado pelo engenheiro se encaixa no conhecimento teórico. Um software sempre te dá uma resposta para quaisquer dados que você fornecer. É fundamental que o engenheiro saiba as considerações de cálculo do software, saber do que o software dá conta de resolver e do que não dá, além de um conhecimento teórico muito bom. Vontade de aprender e trabalhar, e inglês, por quê? Para te abrir as portas.

IC 28D - A noção da engenharia:

DSC

A noção da engenharia, não se pode abrir mão dela, não interessa qual recurso você tem. Isso é o "x" da questão. Você pode ter um recurso infinito, mas de nada vale se você não tiver aquela experiência, aquele conhecimento para colocar ali, a estrutura que vai funcionar bem para aquela situação, pois você tem que analisar as condições executivas de obra. Condição de porte da obra, todos os fatores que influenciam no projeto e isso o computador não faz pra você não. Ter visão do conjunto de um projeto. É conhecimento que o computador não traz pra você, o computador e os programas são um instrumento, ele não é um engenheiro. Você tem que saber como que a sua estrutura funciona. Você tem que ter uma visão inicial antes de você começar qualquer coisa, um projeto, ou fazer a análise de alguma coisa. Você já tem que ter em mente, mais ou menos, o que ela vai te dar de resposta. Por que senão você pode enveredar por um caminho que não é o verdadeiro. Essa parte de projeto é de muitíssima responsabilidade. A parte de verificação também, viu? Checar o projeto, muita gente não checa. Muito bom senso, que o tempo é tão corrido que às vezes, não dá para você fazer tudo certinho, tem que ter bom senso e fazer tudo com a maior rapidez. Em ambiente de trabalho, saber lidar com as pessoas, é uma equipe, cada pessoa tem o seu método de trabalhar e isso dá conflitos, e quando é uma firma só, você tem que ceder e, às vezes, você tentar se impor se achar que está correto.

⇒ Considerações para a formação do aluno de engenharia civil

Em relação às considerações feitas pelos entrevistados para a formação do engenheiro civil vale ressaltar: a necessidade de permanente busca de atualização profissional, assim como a importância de agregar conhecimentos de várias áreas; a necessidade de conscientização dos alunos sobre o uso apropriado da tecnologia da informação no trabalho do engenheiro projetista; a importância do estágio para a formação profissional e de ter uma visão global da engenharia.

AC 29A – Permanente busca de atualização profissional

DSC

Tem que estudar o resto da vida. Estudar sobre tudo, sempre tem o que mais aprender. É estudar, fazer especialização, ir para a escola outra vez, voltar... O estudante de engenharia civil tem que se aprofundar, realmente, na parte teórica, não ficar muito deslumbrado com a parte de tecnologia não. Agente vê é isso, que o engenheiro tem que cada vez mais estudar, se especializar.

AC 29B – Tem que agregar conhecimentos de várias áreas.

DSC

As estruturas estão mais arrojadas, então ele tem que saber mais sobre as novas tecnologias de construção e agregar outros conhecimentos, não só na parte de cálculo, na parte teórica de cálculo. Tem que agregar conhecimentos na parte de economia, de execução, você tem que saber de tudo um pouco, para você ser um bom engenheiro calculista. A escola deveria realmente investir mais não só naquelas matérias como resistência dos materiais, mais ligadas mesmo à sua área, mas principalmente nessa relação entre as pessoas. São matérias do lado social, não só técnicas, mas algumas que a gente tinha e é importante para sua vida, como Economia. O engenheiro bitolado naquela parte técnica que não tem um tratamento com clientes, um tratamento pessoal, hoje mais do que nunca a gente precisa, quer numa grande empresa ou numa pequena empresa, estar

preparado para termos inteligência emocional e não só inteligência técnica, as escolas tinham que ir para esse lado, mostrar que a inteligência emocional é importante. As disciplinas não técnicas como Sociologia, Psicologia do Trabalho são importantes, Economia Financeira, Estatística é importante para fazer a análise financeira da empresa, Contabilidade, Organização de Empresas. É bom ter uma disciplina para ter noção de softwares, uma introdução, falta essa parte de cálculo prático, o seu suporte principal que é o programa que tem que se aprender.

AC 29C – A Escola tem que alertar sobre o uso consciente da tecnologia da informação

DSC

O computador não concebe a estrutura. Algumas pessoas acham que porque o cálculo é no computador, que ele é muito simples. Não é. O computador faz o que você colocou nele. Se entrou com a concepção errada, os dados errados, ele vai processar correto, mas o resultado... A pessoa que não tem experiência na área começa a aplicar os programas e acha que está certo. É o que temos visto por aí: muitos problemas nessa área; é complicado. Tem que ser muito alertado na Escola. Comparar pela ordem de grandeza é fundamental.

AC 29D – Importância do estágio para a formação.

DSC

Todos os escritórios de projeto que eu conheço são de pessoas que de alguma forma trabalharam em escritórios de projeto e aí depois com a experiência fizeram os próprios. A pessoa para mexer com projeto, ela tem que ter trabalhado num escritório, para ter contato com a parte prática que na escola ele não vai ver, por mais que a Escola queira, não vai ver. Vai ter mestrado, doutorado e tal, mas não vai ver a maldade do dia a dia. Então, os escritórios que eu conheço, todos são de pessoas que trabalharam antes e depois pegam certo domínio e montam o seu. A pessoa que não fez estágio... Quem sai da Federal, fez um bom curso de estruturas, até dois pavimentos, um cara estudioso, com bom senso, que recorre a quem conhece, até faz sozinho, até faz, mas vai ter muita dúvida, não vai ter confiança. Agora, se o cara não for estudioso, não for bom naquilo, melhor nem mexer. A parte teórica é importante, mas é o estágio que te abre as portas, é gradativo, você não vira calculista de uma hora para outra. A escola teria que ter uma... a minha concepção é essa, teria que ter um escritório de engenharia, prestando serviço à comunidade para a pessoa aprender. É ou não é? O aluno deve aprender como tudo funciona teoricamente, ter muito boa base teórica e deve ser exercitado a fazer a ponte entre a teoria e a prática.

AC 29E – Visão de conjunto, global

DSC

Eu acho que o engenheiro civil precisa mais do que nunca de ter uma abertura de campos diferentes que influenciam num determinado projeto, ele pode ser um projetista de estrutura de obras de arte especial, mas ele não pode nunca se desvincular do método executivo, das condições executivas, do custo, de como vai ser o gerenciamento, de como vai ser a manutenção, como vai ser a segurança dessa obra. Então, eu acho que mais do que nunca nessa globalização toda, a visão global do engenheiro civil é importante, a especialização tem que acontecer, mas tem que acontecer em um nível de conhecimento maior. É porque o engenheiro civil ele também é muito gerenciador de projetos, ele tem que trabalhar com todas as especialidades juntas, depois ele define aquela área. Muitas vezes, na escola, você está fazendo aquelas matérias isoladas e elas não fazem esta inter-relação. Isso eu acho uma grande falha da escola. Porque você sai com muita coisa na cabeça, mas tudo separado. Você não tem a visão de conjunto, certo? Eu tenho experiência com estagiários que saem da escola e vêm aqui, eles se fixam muito naquele pontinho, calcular uma viga é assim. Às vezes, aquilo não é nada no contexto, ele tem que começar abrir sua visão a partir da escola.

2.3 - Relação com as formas de atividade

⇒ Rotina de trabalho dos engenheiros

A rotina de trabalho dos entrevistados é intensa: chegam ao trabalho cedo pela manhã; têm em média uma hora de almoço; trabalham em torno de nove a dez horas diárias. A atividade de trabalho que os engenheiros calculistas conseguem exercer paralelamente ao desenvolvimento de projetos é a de professor, com a qual dizem manter-se atualizados em sua profissão. Alguns conseguem inserir atividades físicas na sua rotina, mas a maioria, principalmente os mais novos, têm praticamente o trabalho como única atividade diária.

⇒ **Tipo de envolvimento que têm com a profissão**

Independentemente do tempo de profissão e do cargo ou função que os entrevistados ocupam a dedicação ao trabalho é grande, não constituindo um diferencial entre eles. Mesmo comparando os que se consideram viciados no trabalho com aqueles que não se consideram, pouca diferença faz no tempo que se dedicam ao trabalho.

⇒ **Mudanças na organização do trabalho em função da informatização dos escritórios**

As mudanças não ocorreram de forma homogênea nos escritórios. Todos os entrevistados inseriram a tecnologia da informação em seu trabalho, mas de formas diferenciadas, influenciadas pelos tipos de projetos que executam e por características próprias. A influência destas últimas pode ser exemplificada pelas formas de organização do trabalho dos entrevistados C, E e F que apresentam perfis profissionais semelhantes.

A comparação das formas de inserção da tecnologia da informação no trabalho destes três engenheiros que exercem o mesmo tipo de atividade, trabalham com projetos de edificações, são formados antes da década de oitenta e que têm escritórios do mesmo porte, proporciona a visão da diferença em suas formas de atividade.

O entrevistado C descreve sua rotina de trabalho da seguinte forma: recebe o projeto arquitetônico, geralmente, em arquivo de *software* gráfico em formato digital ou via correio eletrônico. Muitas vezes participa do projeto arquitetônico. A arquitetura é passada ao projetista, que lança a estrutura com base neste projeto. De posse da fôrma pronta, o entrevistado faz o cálculo. Utiliza *software*. Após fazer um esboço do detalhamento e passa para o desenhista. O desenhista utiliza aplicativos de *software* gráfico.

O que se percebe é que não houve mudanças na forma de organização de seu trabalho com a introdução da tecnologia da informação. A sequência em que ocorrem as atividades é a mesma de antes da informatização dos escritórios. Obviamente agora com as facilidades da tecnologia da informação como a forma de transmissão de dados, que hoje são digitalizados e transportados por CDs ou via *Internet* (correio eletrônico), há agilidade do cálculo e facilidade de correção e modificação de desenhos.

O Entrevistado E utiliza a tecnologia da informação de formas diferenciadas dependendo do projeto em que está trabalhando. Mesmo nos projetos em que faz uso mais intensivo do computador, é perceptível o quanto há de interferência do profissional, seja nos cálculos ou nos desenhos.

Olha, minha grande preocupação sempre foi a seguinte. Quando eu comecei a implantar o "software X" eu nunca deixei a forma tradicional de trabalhar de lado. Uma vez que você pega a empresa e trava ela. Eu deixei os dois processos conviverem até que por um processo de autofagismo, um engolissem o outro. Eles não engoliram não. A gente consegue ter projeto feito mais à mão e menos à mão!(Entrevistado E)

Eu tenho sete Hard Locks. Ou seja, eu posso trabalhar em sete computadores diferentes com o “software X”. Sete pessoas utilizando o software ao mesmo tempo. Podem ser projetos diferentes. E tem projetos que a gente entra no “software X” no meio. Tem projeto que desde o início você começa fazendo entrada gráfica, carregando, tudo no “software X”. (...) A gente mexe no desenho. A gente faz cortes, que ele não faz. A gente mexe um pouco no desenho. Sai o desenho e a gente dá uma mexida nele. E a armação a gente edita muito. Então esses desenhistas principiantes que tem aqui, eles trabalham muito desembolando essas coisas de desenho. Agora, tem alguns outros projetos aqui, que a gente não entra direto no “software X”. A gente calcula uma parte à mão e entra no “software X” no meio do caminho. (Entrevistado E)

Já o Entrevistado F informatizou completamente o seu trabalho, utiliza processo de cálculo e detalhamento automáticos. Os desenhos de seus projetos são todos gerados por *softwares*.

Quando eu comprei o software “X”, eu comprei porque eu estava com muitos projetos, na época áurea da engenharia, né? Então eu tinha mais ou menos uns 20 projetos dentro do escritório de estrutura de prédio. Eu tinha 8 desenhistas aqui, esse pessoal que trabalha “free lance”, aí eu pensei, vou ter que ampliar esse negócio ou comprar um software. Aí, eu estava até no dentista e li na revista sobre a empresa produtora do “software”, liguei para lá, eles falaram que tinham uma representante em Belo Horizonte. Eu fui lá, ela apresentou, achei tudo muito bonito e tal, mas eu não sabia mexer, né? Aí, eu virei para a moça e pedi emprestado uma apostila. Ela estava querendo vender o produto e emprestou. Aí eu levei para casa e tal, peguei uma fôrma minha e já peguei as apostilas e fiz uma memória e perguntei para ela se eu poderia ir lá no sábado, digitar os dados, para ver o funcionamento disso aí. Ela concordou e eu fui, fiz essa digitação o dia inteiro, porque não tinha prática ainda, mas na hora que ela bateu “enter”, às cinco horas da tarde deu um problema no computador e o negócio não funcionou, eu perdi aquele negócio todo, mas eu disse para ela que se ela mandasse para empresa e viesse aquela fôrma que eu tinha ali, certinha, eu fechava negócio. Ela mandou e daí a três dias voltou aquela fôrma bonita, aquele negócio todo, eu olhei assim e pensei: é disso que eu estou precisando. Aí eu fechei contrato, era uns 8000 dólares na época. Aí eu comprei. Quando eu comprei, aí que eu vi que tinham 13 apostilas e mais uns 13 disquetes para colocar no computador, aí que eu vi que o trem estava feio para o meu lado, né? Vou ter que estudar esse negócio, uai! Comecei a pesquisar, em Belo Horizonte, quem estava usando esse programa. Tinha comprado, mas não estava usando. Aí eu comecei a estudar, estudar, durante um ano e meio, aí eu consegui dominar, fui tirando os desenhistas e falei com eles, vocês não vão perder, vocês vão ser cadistas, mais para frente.

E fiquei com um desenhista. E eu mesmo fiquei mandando brasa nos projetos, com o programa. Mas até você fazer essa modificação e ter confiabilidade, é ou não é? Isso é que é muito importante. Eu tive que fazer as minhas comparações, as minhas decisões, está entendendo? Para poder lançar o produto em computador. Eu fui um dos primeiros que lancei, em B.H., um cálculo estrutural, 100%, né, desenhado por computador. Com isso aí, veio a resposta do mercado também, né? Aí, eu comecei a aprimorar muito. (Entrevistado F)

⇒ Consequências da evolução dos instrumentos de trabalho

IC 18A - O próprio computador armazena, você não precisa gerar essa quantidade de papel.

DSC

As pranchetas foram todas aposentadas, a gente utiliza aqui o CAD para desenhar projeto de arquitetura, de arranjo, de fôrmas de peças metálicas, e armadura. Nós temos um programa específico para desenhar armaduras, daí pra cá é tudo em computador. O sistema de arquivo é muito mais simples, porque a gente tinha que arquivar papel vegetal, se perdia um original quando se molhava; era uma confusão. O volume de papel que se gerava era uma coisa enorme porque você tinha que fazer os croquis das vigas na mão, passar para o computador e depois você pegava aquela listagem toda de dados, fazia o detalhamento, passava para o projetista e o projetista passava para o formato. Hoje o volume de papel que você tem é muito menor. O próprio computador armazena, você não precisa gerar essa quantidade de papel.

AC 18B – Trabalho e formação dos desenhistas e projetistas.

DSC

O cara entrava como “boy” na empresa; nas horas vagas, ele começava a copiar desenho, virava desenhista copista. Daqui a pouco, ele já estava desenhando e começava a passar tinta, depois copiar mesmo, depois já desenhava fôrma, armação e depois era o projetista. Está tendo uma carência no mercado de projetista, parou essa formação. A mão de obra do desenhista e do projetista ficou muito facilitada, muito agilizada. Essa parte mesmo de correção melhorou demais. Quando eu comecei era no vegetal, você tinha que ficar raspando o desenho, então a mão de obra do desenhista e do projetista ficou muito facilitada, muito agilizada. Então, a demanda por essa mão de obra até diminuiu. E hoje com o computador a gente quase não trabalha com desenhista copista, porque o projetista vai fazendo direto, entendeu? Antes você passava para o projetista fazer o desenho no papel manteiga, o copista passava tinta no desenho e te entregavam. Os nossos copistas viraram projetistas, porque a profissão deles ia sumir, ou você aprende a projetar ou você vai

sumir, não existe como passar tinta no desenho mais. Mas são os mesmos, temos copistas de 12 anos atrás, foram forçados a sair da rotina de só passar tinta, sem aprender nada para poder desenvolver e trabalhar com projetos. Copista só passava tinta no desenho, mecânico, foi obrigado a aprender, a profissão deles desapareceu, simplesmente evolução. Um projetista que fazia desenho, se ele sabia desenhar na prancheta, é muito mais fácil, ele tinha um “know-how” prá fazer o projeto na prancheta, fica muito mais fácil ele passar para o computador. Já quem não tem o “know-how” começa lá de baixo, quem sabe fazer sem computador, sabe fazer com computador, quem não sabe fazer sem computador, o computador não ajuda nada.

AC 18C – Aumento na produtividade

DSC

Hoje a produtividade é maior, a gente tinha uns dados de 20 anos atrás, que se fosse elaborar um projeto gastava 50 homens/obra, entre engenheiros, projetistas, desenhistas, isso considerando desenho bem elaborado, verificado. Hoje na mesma condição, se você gastar mais do que 30, 35 você está fora do mercado, então realmente acelerou.

IC 18D - Antigamente você ficava muito tempo fazendo conta. E pensando muito menos.

DSC

Antigamente você ficava muito tempo fazendo conta. E pensando muito menos. O computador é uma ferramenta, auxilia o trabalho do engenheiro. O engenheiro não tem mais que fazer o trabalho braçal. Os softwares são grandes “fazedores de contas”. Hoje em dia você pode pensar mais e deixar ele fazer conta para você. Então eu acho que houve um progresso com relação a isso, em termos de que o projeto ficou melhor.

AC 18E – Trabalho conjunto a distância

DSC

Facilitou muito hoje a utilização de computador. Então, eu tenho projetista que faz seu trabalho até em casa; passa o e-mail; você corrige o desenho e ele, às vezes, vem aqui no escritório ver só a correção. Então, você manda para o cliente por e-mail.

IC 18F - Mudou a rotina de desenvolvimento do serviço: o computador faz, mas você tem que saber analisar os dados, entrar com os dados.

DSC

Antigamente a gente estudava e, pegava, por exemplo, um livro que tinha um desenvolvimento de alguma fórmula, alguma coisa, e você tinha que desenvolver aquilo no papel rascunhando e, hoje, não. Você entra com elementos finitos, você tem ali a leitura de tensões dos elementos que você entra e você juntamente com o micro você faz uma averiguação daqueles resultados que você está obtendo naquele programa. Então, eu acho que mudou sim, mudou. Eu vejo que os engenheiros projetistas estão tendo o mesmo trabalho que antigamente, a única coisa é que ele está com tempo disponível para desenvolver um bom anteprojeto, para desenvolver um bom estudo em partes separadas das estruturas. Antigamente, ele não tinha muito tempo para isto. O computador faz o trabalho braçal, sobra mais tempo para criar. Mudou a rotina de desenvolvimento do serviço, o computador faz, mas você tem que saber analisar os dados, entrar com os dados. Então eu acho que a tecnologia na área de cálculo ajudou demais. Mas ela obriga a você estudar sempre mais. Agora não pode ser hipertrofiada esta importância do computador ao ponto de jogar o "trem" lá e pegar o resultado lá sem nenhum espírito crítico e sair levando embora. Essa interação é fundamental. Vai, lista pedaço, confere o resultado, volta.

⇒ **Necessidade de ter domínio do software**

IC 23A – Ninguém consegue dominar totalmente um software

DSC

Ninguém consegue dominar totalmente um software. Usa-se muito pouco da capacidade de um software.

IC 23B – Não necessariamente, tem softwares que não dominamos totalmente.

DSC

Não necessariamente, tem softwares, que até hoje não dominamos totalmente. Depende do tipo de estrutura que você projeta, o software é muito complexo, para estruturas de pequena edificação, usa apenas alguns módulos, eles não precisam ter o conhecimento global de todo o software. Então dependendo do tipo de estruturas que você vai projetar não precisa ter uma noção total do software.

IC 23C – Alguém tem que dominar o programa.

DSC

É...alguém tem que dominar programa. Tem que ter acesso a alguém que possa tirar as dúvidas com relação ao programa. Uma das grandes coisas na hora de você escolher um software para comprar é você ter acesso à pessoa que fez o programa. Toda vez que precisamos de alguma alteração, pedimos ao autor do programa. No caso de alguns programas você pode pedir ao autor do programa; em outros, tem que se adequar ao programa. Tem que ter um suporte muito bom. Porque tem programas aí que custa... com 2000 reais você compra um programa de cálculo, mas caixa pretíssima, muitas vezes o cara nem sabe o que está fazendo. Eu tenho visto aí muita bobagem feita em programa.

IC 23D – Tem que ter domínio da teoria utilizada

DSC

É claro que você tem que ter domínio da teoria que aquele software utiliza para você justamente na hora que ele soltar os resultados você ter esses parâmetros para você checar os resultados. Tem que ter o domínio, porque se não tiver o domínio seu risco de erro é muito grande, uma pequena mudança às vezes que você coloca no seu programa muda o funcionamento da estrutura inteira e se você não tiver conhecimento disso é muito provável que você incorra em erro, então você tem que conhecer a fundo a capacidade de seu software, os recursos do seu software. Os softwares têm que ser dominados qualitativamente. Saber qual foi a teoria utilizada, as limitações e performances do software. Mas não é necessário saber como foi programado, suas rotinas e sub-rotinas. Tem que dominar, tem que estudar, toma tempo. Tem que investir. Tem que compatibilizar os softwares com as máquinas. Eu nunca mais parei de estudar. É uma pesquisa constante. Sempre lendo, sempre pesquisando.

⇒ Interferência dos softwares na autonomia dos engenheiros sobre seu trabalho

AC 24A - Interfere positivamente: possibilita uma maior intelectualização do trabalho

DSC

Interfere, hoje a gente tem muito mais liberdade para poder raciocinar como engenheiro do que antigamente. Tem que pensar mais, desenvolver mais, porque você faz muito mais hipóteses que se fazia anteriormente. Anteriormente você fazia

muito poucas hipóteses, pouca coisa você podia colocar no cálculo à mão. Faz raciocinar mais para analisar se os resultados não estão errados. Então você deixa o trabalho mecânico para a máquina e deixa aqueles pontos em que você tem que dar uma estudada melhor e, você reserva aquilo e faz um estudo mais aprofundado.

AC 24B - Não interfere se o engenheiro tiver experiência

DSC

Não, o engenheiro que tenha consciência mesmo da engenharia não interfere não. Se ele tem essa visão que é o que a gente chama de engenharia mesmo, que é a concepção e aí o software vai ser só um auxílio, um instrumento. Eu acho que não, ele dá uma oportunidade de racionalizar o trabalho, eu volto a insistir que o engenheiro tem que ter uma experiência para desenvolver, dar os parâmetros principais, avaliar se não tem alguma coisa que fugiu, que seria esperado. Interferir não interfere não, agora se a pessoa não tiver conhecimento para avaliar os resultados, pode interferir, como o cálculo à mão pode interferir.

AC 24C – Interfere se o engenheiro não sabe usar o software conscientemente, se for inexperiente.

DSC

Interfere, por isso é bom quando a pessoa é mais nova, além dela fazer análise, passar por uma pessoa mais experiente ver essa questão de grandeza de resultado, se está batendo, pode ter algum erro grosseiro e com a falta de experiência você não vê. É um problema sério que tem acontecido na nossa área porque muita gente acha que pode ir numa loja comprar um software de cálculo e jogar no computador, lançar uma estrutura e o prédio já sai todo pronto, quando na verdade estamos tendo muitos problemas nessa área de estruturas devido a isso. Logicamente que a experiência profissional é muito importante na hora de você projetar uma edificação, desde a mais simples até a mais complexa a responsabilidade é a mesma. O que tem acontecido com os estagiários é que eles ficam meio empolgados com estes softwares e ficamos preocupados com essa idéia quando se sai da faculdade, principalmente os calculistas novatos, a maior parte dos problemas de patologias é devido a falta de experiência de muitos profissionais que acham que o computador pode resolver tudo. A experiência profissional, aquela vivência que se teve no dia-a-dia é muito importante, que o computador não pode substituir. É importante fazer uma análise crítica daquilo que o computador te retorna, realmente nenhum software faz isso por você. Há erros não só de interpretação de dados como também de entrada de dados, porque às vezes a pessoa pega algum software de cálculo, lê o manual e joga uma estrutura no computador de forma errada e o computador não fala isso e você não tem como detectar este erro, nos arquivos emitidos. Os resultados podem ser discrepantes, mas a falta de experiência impede o profissional de identificar o problema.

2.4 - Relação consigo mesmo

⇒ Relação dos engenheiros com a tecnologia da informação

- Entrevistados formados antes do advento dos PCs

Entrevistado A

Em sua trajetória, em relação à informática, o Entrevistado A deixa clara a sua curiosidade, a sua disposição em aprender, e sua facilidade. O entrevistado atribui a sua mobilização para lidar com a informática ao fato de ter percebido muito cedo, a enorme potencialidade do uso da tecnologia da informação na área de engenharia de estruturas, sendo um dos pioneiros no ensino do uso de *softwares* para cálculo estrutural em Belo Horizonte.

Entrevistado B

O Entrevistado B vê a utilização da tecnologia da informação no trabalho como uma imposição do mercado. Além disso, este entrevistado pouco usa esta tecnologia e delega aos engenheiros mais novos da sua empresa os cálculos feitos com a utilização de *softwares*.

Entrevistado C

O Entrevistado C não demonstra muita disponibilidade para a informática, para o uso da tecnologia da informação. Ele começou a trabalhar na área de projeto estrutural em 1968 e somente em 1992 introduziu a tecnologia da informação no seu trabalho. Utiliza *softwares*

mais simples e até o momento da entrevista não tinha se aventurado a utilizar *softwares* proprietários mais sofisticados, para os quais sempre estão lançando novas versões e que levam o engenheiro a estar sempre fazendo novas adaptações. Em vez disso, terceiriza cálculos mais elaborados.

Entrevistado D

O Entrevistado D diz que gosta de lidar com a tecnologia da informação, parece ter facilidade, mas pela sua fala, o que o impulsiona, motiva a aprender novos *softwares* é mesmo a necessidade. O entrevistado mantém uma relação de dependência com outros profissionais em função da tecnologia, que só é quebrada com a falta destes.

Eu gosto, mas não sou fuçador. Mas é interessante que tem determinadas coisas como o “editor de texto X” que eu não mexia. Tínhamos uma secretária de muitos anos que fazia essa parte de propostas inclusive, mas se desentendeu com meu ex-sócio e mandei ela embora e começou aquela dificuldade, na marra eu fui aprendendo. O “software de planilha eletrônica Y” foi a mesma coisa, um dia eu decidi que precisava aprender, eu faço muita planilha, criamos muita rotina de cálculo neste programa, aprendi a lidar com ele razoavelmente.

Entrevistado E

A sua turma do curso de engenharia civil da UFMG foi a primeira a ter a disciplina “programação de computadores”. Tendo se saído muito bem na disciplina foi convidado pelo professor a trabalhar com ele. O Entrevistado Trabalhou seis meses com processador de dados, pesquisas, processamento de questionário e produziu programas nesta área. Depois trabalhou em uma firma de processamento eletrônico com folha de pagamento. Isto foi no início da década de setenta quando pouca gente

sabia programar computadores. Segundo o entrevistado, com estes dois trabalhos, ele passou a dominar esta tecnologia e também a fazer programas para a área de estruturas.

Entrevistado F

O Entrevistado F tem muita facilidade para utilizar a tecnologia da informação, gosta de utilizar e é muito curioso em relação a esta tecnologia, chegando ao ponto de ter a sua utilização como *hobby*.

Meu hobby é mexer com programa, eu não sei tocar violão e não sei cantar, então... Eu sou assim, chega o programa, fico com ele mais ou menos um mês e já domino o programa”.

“... quando eu estava no terceiro ano de engenharia apareceram as maquininhas e eu fiquei muito gamado, eu achei um negócio muito interessante, sabe? Me despertou muita curiosidade. E quando veio a programação me despertou muito mais ainda. Então eu comecei a programar, programar, programar, dentro da escola. E o pessoal achava que aquilo era uma loucura, um horror. Eu chamava os colegas e falava: - Isso aqui vai ser o futuro da engenharia. E eles:- Você está doido! Aí, um dia, ia ter prova de estabilidade e eu pensei, eu vou fazer a prova em cinco minutos. O professor geralmente ia embora e deixava a gente fazendo prova até uma hora da tarde, fazendo aquelas vigas e tal. Aí eu programei tudo e em cinco minutos eu fiz um “Cross”. O mais difícil é o “Cross”, né? Para fechar o “Cross” era uma calamidade, uma tragédia. Aí eu fiz em cinco minutos, passei para a prova e quando eu levantei para entregar a prova, eu ganhei uma vaia.(...) Eu era o único no meio dos meus colegas que tinha verdadeira paixão por programar as máquinas HP.

Entrevistado G

O Entrevistado G utiliza programas de cálculo antigos. Quando precisa de algum cálculo mais elaborado, terceiriza. Apesar de explicar que não utiliza *softwares* muito sofisticados no seu trabalho por não serem necessários nas suas consultorias e suas práticas de ensino, percebe-se nas suas falas a sua resistência em aprender a utilizar novos *softwares* e que se embaraça com a *Internet*. Indagado sobre a que ele atribuía esta

estagnação em relação ao que é novo, o entrevistado atribuiu à idade. Disse que até algum tempo atrás, quando comprava algum produto eletrônico, lia todo o manual antes de ligá-lo na tomada. Hoje liga logo na tomada e utiliza o equipamento do jeito que der. Diz que não tem mais paciência.

- Entrevistados formados a partir do advento dos PCs

Entrevistado H

O Entrevistado H demonstra muita tranquilidade para lidar com a tecnologia da informação no seu trabalho. Demonstra ter muita facilidade e ser curioso em relação a esta tecnologia. Nunca fez curso para aprender a utilizar qualquer recurso desta tecnologia e se considera autodidata.

Entrevistado I

O Entrevistado I mostra muito interesse na tecnologia, demonstra estar sempre correndo atrás do que é novo, estar sempre atualizado.

Gosto, tenho facilidade, sempre mexi, desde que entrei para esta empresa, em 1986, era uma época em que computador aqui era muito raro. Hoje tem um computador em cada mesa. Antigamente era um computador que para você utilizar tinha que entrar numa fila de espera, e naquela época muito pouca gente utilizava. Eu aproveitei para fazer cursos pela empresa, eu aproveitei bastante, sempre queria aprender. Sou autodidata, quando eu não conseguia fazer cursos, eu chegava e comprava e lia os livros. Desde o começo essa ferramenta, computador, calculadora sempre esteve presente na minha profissão.

Entrevistado J

O Entrevistado J demonstra ter facilidade para lidar com a tecnologia da informação e atribui sua facilidade ao fato de ter iniciado suas atividades na área de engenharia de estruturas utilizando este instrumento. Demonstra gostar também de programação.

Entrevistado K

O Entrevistado K não demonstra ter muita curiosidade em relação à tecnologia da informação, nem se mostra muito motivado a aprender a utilizar novos *softwares*.

Entrevistado L

Já iniciou suas atividades na área de cálculo estrutural utilizando a tecnologia da informação, por isso não tem problemas na área. Gosta de aprender a utilizar novos *softwares*, o que é importante para sua carreira que ainda está começando.

Entrevistado M

Eu comecei a usar o computador na fase de estágio, ficava fuçando o “software y” para cálculo de edifícios, gostava, e ajuda muito hoje em dia. Quando fui para outra firma, que usava o mesmo programa, não deu muito tempo de fuçar, eu estava na parte de usar o que eu já sabia e alguma coisa além, que eu acrescentei, com o tempo. Quando eu preciso aprofundar no software para calcular alguma coisa diferente, procuro com alguém, mas não acrescentou muito da fase de estágio, que foi a fase mais de aprendizado. Eu tinha tempo para ficar mexendo, e eu mesmo aprender, hoje eu uso e gosto, mas o que eu preciso fazer, faço e resolvo, mas para mexer em coisas novas não dá tempo.

O perfil do engenheiro é fator determinante de sua forma de lidar com a tecnologia da informação. Alguns gostam mais desta tecnologia, são mais curiosos em relação a ela e apresentam mais disposição em aprofundar seus conhecimentos ou a experimentar novidades.

Em relação aos entrevistados formados antes do advento dos PCs, podemos ressaltar o Entrevistado A e o Entrevistado F. O Entrevistado A pela sua ousadia em se dispor a aprender uma tecnologia ainda tão incipiente na sua época e o Entrevistado F, por ter um gosto destacado pela tecnologia.

Já o Entrevistado K, do grupo dos entrevistados formados a partir do advento dos PCs, se destaca por sua resistência à tecnologia, comparativamente aos outros engenheiros da geração mais nova e principalmente, quando comparado aos Entrevistados A e F.

**⇒ Utilização da tecnologia da informação no trabalho:
motivação ou obrigação?**

AC 16A – Obrigação

DSC

É uma obrigação da pessoa. Até para entrar na área de estruturas é um pré-requisito, ela tem que conhecer software para trabalhar. Se você quiser ficar dentro do mercado, você tem que utilizar o computador. É uma imposição do mercado! Se não gostar, mude de profissão, pois nem todo mundo gosta de computador. Você tem duas alternativas: ou se adapta ao mercado ou morre. Isso é a evolução, infelizmente. Você tem que se atualizar, senão fica para trás. Ou você evolui ou morre. Mas o computador motiva, mesmo que seja dessa forma, sem sombra de dúvida.

AC 16B – Resistência inicial

DSC

Alguns têm resistência para mudar seu conhecimento, sua forma de trabalhar. Eu acho que isso pode acontecer de início, pelo primeiro impacto, pode ser, mas depois que ele se familiariza ...

AC 16C - Motivação

DSC

As pessoas que a gente conhece usam o computador mais como aliado, mesmo as pessoas mais velhas. Apesar delas não saberem programação, essas coisas, eu acho que eles utilizam bem o computador.

⇒ Interferência do hábito no uso de um instrumento de trabalho no aprendizado de um novo instrumento

IC 17 - Existem os processos antigos, que te facilitam a analisar os resultados que saem do computador.

Existem processos antigos, que te facilitam a analisar os resultados que saem do computador. Um instrumento mais antigo ajuda sim na experiência acumulada. Tem engenheiro mais antigo que prefere fazer as contas com os programas que já tem, não gosta de mexer, adapta, não gosta de mexer com os programas novos. Já se acostumou com aquele jeito, pois fica mais rápido de fazer. Para você é mais cômodo mexer com o que já sabe do que sair descobrindo, não se tem tanta segurança dos resultados de uma coisa desconhecida. Tem engenheiro que confere à mão para ver se está certo. Se eu for rodar uma flexão composta, eu nem aquele computador eu ligo, eu rodo na minha máquina, tem cliente que exige memória de cálculo detalhada, como se chegou na armação; então, eu rodo na minha máquina mesmo. Eu conheço um engenheiro que usa régua de cálculo até hoje, mas usa o computador também, anda com a régua de cálculo dentro do bolso. Às vezes ele faz mais rápido na régua de cálculo do que numa calculadora, mas tem o artifício do instrumento moderno também.

2.5 - Relação com o mundo dos instrumentos de cálculo

⇒ Instrumentos utilizados desde o início do trabalho na área de projetos estruturais

A análise das trajetórias de uso de instrumentos de cálculo dos entrevistados demonstra que eles foram acompanhando a evolução tecnológica descrita no Capítulo I, cada um tendo como ponto de partida o recurso que era mais utilizado na época do início de suas atividades na área de projeto estrutural. Hoje, basicamente, utilizam *softwares* para cálculos mais elaborados, além de calculadoras para cálculos rápidos e avaliações.

⇒ *Softwares* que utilizam hoje

É possível afirmar que quase a totalidade dos *softwares* utilizados pelos entrevistados é do tipo proprietário, ou seja, com código fonte fechado. Os entrevistados praticamente utilizam os mesmos *softwares*: o *software* gráfico X, o de cálculo de edificações Y e o de elementos finitos Z.

⇒ *Softwares* que utilizam: você pode fazer modificações? Conhece todos os “parâmetros” que eles utilizam para fazer os cálculos?

Os engenheiros calculistas se mostram, portanto, dependentes dos produtores de *softwares*, pois recorrem apenas a *softwares* proprietários, com código fonte fechado, não tendo, portanto, acesso às concepções de cálculo utilizadas nos programas e liberdade para fazer alterações nos programas.

IC 22 - Você fica dependente de quem fez aquele programa DSC

Você não consegue fazer alteração na estrutura daquele programa, isso não. Pode criar configurações, personalizar, mas não modificar. Tem coisas que fogem ao seu alcance. Você não sabe o que ele está fazendo, acha que usa um método e quando você olha ele usa outro totalmente diferente. Isso que eu estou te falando, você não consegue entrar no programa, mas você consegue através de parâmetros, como se fossem periféricos, através daquela série de itens, alterar uma forma de saída, de detalhamento que aquele programa vai te fornecer. Outros programas você não consegue. Você entra com os dados e ele te dá um resultado fixo, você não consegue variar, ter uma liberdade com ele. Sempre você tem que ter uma acessoria da empresa fornecedora porque aquilo foi concebido sob certos parâmetros. Então, você tem que saber as limitações daquele programa. Você tem que estar ciente do que ele está usando, do que ele está considerando, tipo de apoio que ele usou, tipo de solução que ele usa quando ele calcula dessa ou daquela forma, porque senão você não sabe analisar os seus dados e você pode incorrer em erro. Então, é muito comum, a partir do momento que você adquire aquele programa, você ficar dependente de quem fez aquele programa. Inclusive, é muito comum eles lançarem uma base, depois vem aqueles acessórios... aí, eles vão te vendendo cada parte. Cálculo de edifícios: o programa calcula prédio até três andares. Agora saiu mais um módulo que faz até cinco, agora faz até vinte, agora considera vento, agora faz a fundação também. Então, você fica mais ou menos na mão, porque aí você não vai desmobilizar aquilo que você investiu, você acaba continuando a investir naquele fornecedor. Você tem que atualizar, porque no mercado ele vai sendo atualizado, então se você está com uma versão antiga você tem que se atualizar, porque senão você fica para trás. Eu acho que até desvaloriza o engenheiro, a gente fica sempre vinculado ao programa, dependendo de novos programas, quem ganha com isso, são os que elaboram o software, não o usuário.

⇒ Interferência da tecnologia no custo dos projetos

AC 21A - Preços de softwares e hardwares no custo dos projetos e da empresa.

DSC

Se você quiser ter um escritório sempre atualizado você vai ter um custo disso sim. Os programas são caros e o problema é que tem que ter uma licença para cada máquina, aí fica muito caro. Se há oito computadores, tem que ter oito programas. Sempre tem que estar inovando, tem que estar pelo menos atualizado no mercado, se o seu programa começa a ficar para trás, você vai gastar para atender melhor ao cliente, vai gerar um gasto para a firma e recair sobre os projetos também. Das despesas totais, devem chegar a 5%, estimados, do custo do projeto. É o valor de

mercado, o mercado é que dita os valores, os benefícios da redução de custos foram todos repassados para os clientes. O software gráfico custa US\$ 4000 e você só pode usá-lo em um computador. A cada dois anos, lançam uma nova versão. Isso não temos acompanhado. Nós esperamos e fazemos atualizações a cada 4, 6 anos. Cada atualização são mais US\$ 1000, é muito pesado. O software de elementos finitos está na faixa de US\$ 7000 e o de edificações também. O hardware não é tão caro, hoje, o que encarece, é a parte de cartucho de tinta, impressão de papel. Eu vou te dizer que 80% é salário no custo da empresa e 10% é da parte de informática, temos 18 máquinas e sempre uma dá defeito, uma placa de vídeo, uma placa disso, daquilo, tem um custo de manutenção que chega a R\$ 500,00.

AC 21B – Interferência diferenciada nos custos dependendo do tipo de projeto.

DSC

A tendência é baratear o projeto. Mas, por exemplo, para o cálculo de um edifício, eu vejo que você não pode cobrar mais não. Isso não está acontecendo. No caso do software de edificações, o pessoal está atualizando, mas eles não estão repassando isso para o cliente não. Eles estão tentando manter dentro do início do trabalho, continuando com os mesmos preços. Nos escritórios menores, eles adquirem esses programas mais poderosos e não contratam desenhistas. Esses programas que soltam todo o detalhamento pronto e calculam a estrutura inteira. Quem tem esses programas consegue colocar um preço bem mais barato, porque elimina a parte de detalhamento. Mas no nosso caso, industrial, isto não se aplica e, por isso, o preço não abaixa tanto.

AC 21C - Preço baixo dos projetos em função da visão equivocada dos clientes

DSC

Abaixou os preços. A tecnologia fez com que os projetos ficassem mais baratos. Para se pagar os investimentos feitos com tecnologia é preciso compensar com o volume de serviço. Porque pelo preço que está sendo colocado hoje, os engenheiros calculistas não estão tendo mais ânimo de fazer um detalhamento, de aprofundar mais naquele projeto. Então, se o custo está sendo reduzido, eles vão reduzir também a mão de obra. Vão reduzir o tempo disponível deles naquele trabalho, naquele projeto. Então, você vê que tem muita coisa que está saindo com falhas, porque os engenheiros estão copiando 100% dos programas, eles não estão tendo tempo para dar uma avaliada, uma checada no que eles estão soltando para os clientes. Porque o custo está muito baixo, então eles têm que pegar um volume maior de serviço, para no final do mês cobrir a despesa deles no escritório. O custo do projeto está sendo reduzido de uma forma ingrata, justamente por esta visão errada que os engenheiros construtores estão tendo com relação ao trabalho do engenheiro calculista, projetista. Todo mundo acha, a

maior parte dos clientes, que porque a gente tem o computador, o computador faz custo, então se você tem programa seu custo é mínimo, não é verdade. É um artifício que você utiliza, mas você tem o custo que você investe nos programas e você tem que estar sempre se atualizando. É uma dificuldade a gente mostrar isso para o cliente do mercado. Porque você está usando tudo no computador, o custo não diminui. Pelo contrário, vai aumentar, porque o investimento que você tem que fazer, tem que ter uma boa máquina, porque os programas cada vez que saem exigem uma máquina com mais capacidade. E, eu acho que deveria ter uma conscientização dos engenheiros construtores com relação a isso.

AC 21D – Novas tecnologias: custo de atualização profissional

DSC

E, fora a atualização também da parte de novas tecnologias. Isso requer tempo e requer dinheiro, você estar sempre sendo atualizado, nessa parte de novas tecnologias. E, no mundo de hoje da engenharia, se você piscar, cochilar um pouco fica para trás e, ano após ano a parte de tecnologia de novos métodos construtivos muda. Então, você tem que estar sempre em seminários, congressos, comprando livros novos, assinando revistas, assinando anais, isso é um custo razoável para uma firma de engenharia.

2.6 - Relação com o outro

⇒ **Mudanças nas relações com os clientes, colegas de trabalho, arquitetos, desenhistas, estagiários, produtores de softwares e hardwares**

AC 19A - Relação com os produtores de softwares e hardwares

DSC

Na esmagadora maioria, isso é feito de propósito. Você vê que foi possível a gente ficar na escola com o mesmo computador durante 21 anos, esse computador só foi desativado no dia que a IBM disse que não daria mais manutenção. Agora, qualquer micro-computador já está superado num espaço de tempo de 2 anos, 3 anos. Então, é bem diferente, isso é feito mesmo. Micro-computador, hoje, é quase descartável e os softwares também. E num espaço de tempo muito pequeno, o micro já não roda o software fulano de tal. Logo, você está sempre, o tempo todo, comprando, o tempo todo comprando, gastando tempo com isso. Isso é extremamente desagradável, isso é uma indústria feita para você usufruir do produto durante um período relativamente curto.

AC 19B – Relação entre colegas de trabalho

DSC

Eu acho que facilitou muito, se considerar que em um escritório estão trabalhando em paralelo em um mesmo projeto, como terceirizados, em comunicação e com transferência de dados, a própria utilização de um desenho de arquitetura com base para seu desenho estrutural e vice-versa, isso facilitou muito.

AC19C – Relação com estagiários e engenheiros recém-formados

DSC

Facilidade de você ensinar. Era muito mais difícil mostrar em um livro para um estagiário, um engenheiro recém-formado como se calculava. Hoje com um programa é muito mais simples, mais amigável.

AC 19D – Relação com o projetista

DSC

No meu escritório antigamente, nós éramos 3 engenheiros e 12 projetistas. Hoje com esses softwares gráficos nós temos um traço de quase 1 para 1. Então, hoje, com os programas, você fica muito menos escravo do projetista. Ele é importante? É, mas...

AC19E - Relação projetistas / cadistas

DSC

Há firmas onde os projetistas não conseguiram aprender, os mais antigos, eles, então, criaram uma figura chamada "cadista". O projetista desenha na prancheta e o que não tem a menor idéia do que está fazendo transforma aquilo em desenho, cheio de erro. Aí o cara que desenhava tem que ir lá arrumar. Tivemos uma pessoa que mudou de área porque não se adaptou com o software gráfico e não tinha mais prancheta, ele mudou de serviço. É, mas quase todos acabaram descobrindo que tinham que aprender. Os que tinham resistência, até por motivos financeiros, o cara paga mais o desenho que já vem no computador.

AC 19F – Relação com o arquiteto

DSC

O arquiteto, quando você está com a sua fôrma pronta, ele pega a sua fôrma e joga encima do projeto dele e analisa. Para analisar ficou muito mais fácil. Agora, interação tem que ser ao vivo e a cores porque se você não conversar.... Você tem que mexer, eu mexo muito em projeto de arquiteto. Isso aqui não está bom, vamos mexer assim. Eu acho que não existe um poderoso ser, arquiteto magnífico, e um mísero calculista que tem que

aceitar tudo que ele fez. Eu mudo muito. Eu falo isso não está bom. Por isso que eu não gosto de me reunir só com o arquiteto, eu gosto que o proprietário esteja junto porque eu sempre falo isso: vai ficar o dobro do preço, vai ficar uma fortuna, vai dar uma viga gigantesca.

AC 19G – Relação engenheiros / estagiários

DSC

Agora, nesse aspecto, às vezes, uma pessoa (estagiário) que sabe muito computador é mais necessária para essas pessoas mais antigas (engenheiros), do que uma pessoa (estagiário) que sabe pouco. Porque a pessoa que sabe pouco, mas que não sabe computador, então elas não se complementam nas suas próprias carências. Entendeu? Eu conheço pessoas (estagiários) que já são tão feras em computador que elas são imprescindíveis em determinado escritório.

AC 19H - Relação engenheiros projetista / engenheiro projetista

DSC

Eu tive que fazer uma escada em um apartamento, uma escada toda louca, eu contratei um cara para processar ela no software de elementos finitos para mim. Eu ia gastar tanto tempo fazendo ela, que não tinha o menor sentido. Existe como você acionar essas pessoas. Tem que saber onde estas pessoas estão. Elas têm o preço delas, você aciona e elas te processam aquilo ali.

AC 19I – Relação com o cliente

DSC

Acho que facilita, hoje nós fazemos projetos em Belo Horizonte para clientes de Curitiba, mandamos via Internet o produto do nosso trabalho, é como se nós tivéssemos em um andar de um prédio e Curitiba estivesse em outro andar. Facilitou muito, hoje tem software que você pode apresentar em maquete eletrônica, uma apresentação de proposta, de propaganda de empresas de algum produto que vamos oferecer, e mostrar ao cliente leigo que não tem nenhuma noção do que vai ser, no final, o projeto.

⇒ **Exigências dos clientes em relação aos projetos**

Os engenheiros projetistas estruturais alegaram que são pressionados pelos clientes, não apenas os leigos, mas também engenheiros construtores a fazerem o seu trabalho o mais rápido possível, a um custo baixo e com qualidade. A pressão dos clientes se manifestaria

desde antes da contratação do serviço, uma vez que fazem cotação de preços por Internet e telefone, não se preocupando em conhecer a qualidade do trabalho do engenheiro projetista. Isto refletiria a falta de consciência dos clientes sobre a importância de um projeto bem feito e sobre a utilização da tecnologia da informação no trabalho dos projetistas.

IC 27A - Clientes querem tudo para ontem, com o preço mínimo e com a perfeição máxima, porque encaram que a máquina faz tudo.

DSC

Clientes querem tudo para ontem, com o preço mínimo e com a perfeição máxima. Justamente porque eles acham que a máquina faz tudo. E, a máquina, segundo consta, é um elemento que não erra, são raras as vezes que erra. A gente tem que lembrar que para você obter aqueles resultados você deu para a máquina uma massa, uma série de dados para que ela analisasse. Então, se você errar naquela entrada de dados ou fizer uma má interpretação dela, a máquina vai te fornecer resultados errados. Então, hoje, a gente deve ter mais cuidado com os resultados que você recebe da máquina do que antigamente. Mas com relação ao cliente ele não vê isso. Ele esquece que tem a parte da engenharia que é a concepção da estrutura, como ela vai ser lançada. O programa é um instrumento pra te ajudar a chegar no cálculo final, nos esforços finais, na apresentação final, da fôrma, da armação, da solução de fundação, que solução vamos usar aqui para a fundação? Isso é engenharia e o computador não faz isso, você tem que ter um conhecimento prévio para usar o instrumento do computador. Então, muitas vezes a gente é cobrado no tempo porque o cliente não tem noção disso, ele acha que enfiou tudo no computador, tá pronto. O cliente acha que tudo é muito fácil, muito simples, que só o computador está trabalhando.

AC 27B – Tempo, agilidade.

DSC

A cobrança? Prazo... O trabalho do engenheiro está entre o "idealizar" e o "inaugurar". Agilidade: querem projetos para ontem, querem tempo. Hoje a exigência dos clientes é de rapidez na execução do projeto. Eles querem sempre maior rapidez.

AC 27C – Preço

DSC

A maior exigência é a economia. Tem cliente que quer o menor preço. A maior parte das pessoas pega o projetista que cobra menos. Mas quando o cara é muito novinho, às vezes assim meio prepotentzinho, o negócio dele é só preço. Porque ele é bobo ainda. Ele não imagina o que aquilo vai representar para ele depois. A primeira mordida, né? Eles se preocupam com o preço do projeto, o preço do projeto em comparação com a obra é muito barato. Ele não imagina que uma laje de 15 centímetros com ferro de 10 cada 10 custa 6 projetos. Ele não sabe quanto que ele vai gastar lá na frente, então ele começa achando que o negócio é cobrar desde o princípio, quando é a grande burrice, né? Ele tem que pagar bem caro um projeto estrutural para ele ficar bem econômico.

AC 27D – Qualidade

DSC

Qualidade é segurança, estruturas confiáveis, não ter erro no desenho, ser verificado e apresentação. Tem clientes, que, aliás, olham até se o carimbo está preenchido dentro dos padrões dele, se a numeração está correta.

AC 27E – Negociações com o cliente.

Tudo depende de uma negociação. Estão exigindo cada vez mais um prazo mais curto. O valor do projeto também interfere. Com essa globalização da Internet aí, o negócio está muito rápido. Eles fazem consulta muito rápido. Quando o cara não tinha Internet, ele tinha que vir aqui. Você mostrava seus projetos, você vendia seu peixe mais à vontade. Hoje não, hoje o negócio é muito rápido. Quer, quer. Não quer, não quer. (Entrevistado F)

O cara liga e pergunta assim: - Quanto custa o metro quadrado? Eu respondo: - Isso aqui não é açougue não! O cara fala quanto está o metro quadrado? Eu falo não tem metro quadrado aqui não! Esse eu nem recebo, tá? O que eles trazem? Eles têm que trazer o arquitetonico para eu fazer uma proposta, para eu fazer um projeto para ele. E eu cobro, eu tenho hoje uma apropriação muito grande das horas que eu gasto, eu sei exatamente o custo que vai ficar para mim um projeto. O projeto entra aqui, ele ganha um número, tudo o que eu gasto nele eu aproprio neste número, então no final eu sei exatamente quanto ele ficou. Quando o cara telefona muito nervoso, eu nem atendo ele no dia, eu espero ele acalmar 24 horas, aí depois eu telefono para ele. Usou a palavra urgente para mim e telefonou mais de 2 vezes no dia, eu não atendo ele de jeito nenhum. Espero ele acalmar. E quando ele quer, ele sempre quer rapidez. (Entrevistado E)

3. TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E PERSPECTIVA DE MAIOR INTELECTUALIZAÇÃO DO TRABALHO DO ENGENHEIRO PROJETISTA ESTRUTURAL

As informações obtidas nas entrevistas indicaram que o que houve de maior evolução tecnológica na área de projetos estruturais se deu na esfera dos instrumentos de trabalho. Os instrumentos de cálculo necessários ao homem, desde os primórdios, são de fundamental importância para o trabalho do engenheiro calculista. Desde 1962, ano de graduação do entrevistado mais antigo desta pesquisa, os engenheiros calculistas passaram por uma grande evolução dos instrumentos de cálculo. Iniciaram suas atividades de trabalho usando a régua de cálculo, passaram por uma variedade de máquinas de calcular mecânicas (de manivela), depois as elétricas, computadores de grande porte, pelas calculadoras programáveis de mesa e de bolso, até chegarem aos computadores pessoais (os PCs) nos anos oitenta e aos avanços atuais da tecnologia da informação e de comunicação.

Os PCs são um marco nas mudanças nos instrumentos de trabalho dos engenheiros calculistas, pois com o surgimento destes foi possível informatizar as empresas e escritórios de cálculo, principalmente os pequenos, por serem muito mais acessíveis que os computadores anteriores.

A tecnologia da informação realmente revolucionou o trabalho do engenheiro calculista, provocou transformações na relação com o saber profissional e nas relações de saberes com os diversos participantes do

processo produtivo, trazendo implicações para o processo de formação do engenheiro civil.

Os entrevistados foram unânimes em considerar, que na área de projetos estruturais, a inserção das tecnologias de informação e comunicação consagrou-se como a grande evolução tecnológica do período recente.

Os engenheiros calculistas passaram a ter seu trabalho facilitado por estas tecnologias, adquirindo mais agilidade em seus cálculos, mais precisão e tendo a possibilidade de estudar soluções em um menor espaço de tempo. Tudo isto pelo processamento eletrônico de informações dentro de seu local de trabalho, não sendo mais preciso enviar seus cálculos para serem processados em CPDs (Centros de Processamento de Dados), para os quais eram necessários grandes investimentos em salas especiais e principalmente para adquirir os *mainframes* (computadores centrais).

O uso da tecnologia da informação transformou o trabalho do engenheiro calculista. Esta tecnologia dá um suporte de matemática impossível de se obter com os instrumentos antigos e, principalmente, com o cálculo feito à mão; possibilita resolver grandes sistemas de equações; evita que se calcule por meio de modelos simplificados; torna os cálculos mais precisos e confiáveis, quando verificadas as entradas de dados.

A tecnologia da informação possibilita ao engenheiro calculista fazer análises com uma profundidade muito maior, experimentar soluções, fazer estudos de novos modelos e alterações nos projetos em curto espaço de tempo. O engenheiro calculista tem condições de influir na estrutura

mais rapidamente. Permite racionalizar o trabalho, padronizar detalhamentos e premissas básicas de cálculo. Armazenar e transmitir dados, se comunicar e compatibilizar seus projetos, tudo com muito mais facilidade. Apresentar projetos com uma qualidade muito melhor. As vantagens proporcionadas pela tecnologia da informação são inúmeras. Não foi mencionada nenhuma justificativa para o engenheiro não utilizá-la. A utilização da tecnologia da informação é hoje uma imposição no trabalho do engenheiro calculista.

A maioria dos entrevistados apontou que as pessoas mais novas têm mais facilidade em lidar com esta tecnologia, mas sua utilização não está apenas ligada a este fator. O perfil do engenheiro é fator determinante da sua habilidade em utilizar esta tecnologia, como a sua curiosidade em relação a ela e a sua motivação para migrar de uma base tecnológica para outra. Estas características pessoais podem ser percebidas tanto entre os entrevistados formados antes da informatização dos escritórios quanto após, independentemente da idade. Além disso, na maioria das vezes, o principal fator que motiva um engenheiro a migrar de uma base tecnológica para outra, ou seja, passar a utilizar um novo instrumento de cálculo, ou a aprender a utilizar um novo *software*, ou a se aprofundar no conhecimento do *software* que já utiliza é mesmo a necessidade imposta pela objetividade do mundo da produção e do trabalho. Portanto, os alunos de engenharia civil e os profissionais já formados que desejem atuar nesta área têm que ter disposição para lidar com esta tecnologia. Este é um ponto importante a ser considerado na escolha da profissão.

Além desta disposição, o tempo de utilização diária deste instrumento é um fator que deve ser considerado. Apesar das vantagens ressaltadas pelos entrevistados trazidas pela utilização da tecnologia da informação, tais como agilidade nos cálculos, na comunicação (entre arquitetos, engenheiros, projetistas, desenhistas, clientes), na transmissão de informação e na compatibilização dos projetos, a jornada de trabalho é longa. A tecnologia da informação oferece tais ganhos em rapidez, mas não possibilitou uma redução da jornada de trabalho dos engenheiros, que continua intensa, independentemente de seu cargo, função ou tempo de profissão. E os engenheiros mais novos passam muito tempo trabalhando em frente ao computador. Com isto, têm surgido, também, problemas de saúde que antes não se apresentavam para estes profissionais, assunto que precisa ser pesquisado pelos estudiosos de ergonomia e saúde do trabalho.

A *internet* reduziu a distância entre os engenheiros projetistas, os clientes e os demais profissionais envolvidos em projetos. A comunicação entre eles ficou muito mais fácil, a transferência de informações é muito ágil e segura. Hoje não existe mais a necessidade de determinados profissionais trabalharem no mesmo local, como os engenheiros projetistas e desenhistas.

Na relação entre engenheiros calculistas e clientes, a tecnologia trouxe alguns benefícios. A informática facilitou a comunicação entre os engenheiros e os clientes, uma vez que possibilita uma melhor visualização do leigo do que será a obra ainda na fase de projeto.

Esta tecnologia influenciou na relação dos engenheiros calculistas com os engenheiros responsáveis pelos projetos complementares (arquitetônico, elétrico, hidráulico), possibilitando uma maior interação profissional. Veio assim facilitar o trabalho de cada um deles, uma vez que é possível elaborar o próprio projeto tomando-se como base o projeto digitalizado do outro, facilitando assim a compatibilização dos mesmos, diminuindo com isto a incidência de erros.

Grandes mudanças se deram no campo de trabalho dos profissionais ligados ao desenho, como os desenhistas copistas, que tiveram sua atividade extinta. Aconteceram mudanças nas relações entre desenhistas e projetistas. A formação destes que se dava em serviço ficou comprometida com a utilização do computador. Hoje esta geração de projetistas que ainda está no mercado de trabalho são os sobreviventes à informatização do trabalho. Outra coisa: a relação da quantidade de projetistas em relação à de engenheiros envolvidos em um projeto diminuiu. A tecnologia da informação revolucionou o trabalho destes profissionais facilitando atividades, possibilitando fazer alterações nos desenhos com agilidade e maior facilidade, mas também algumas vezes os substituindo. Alguns *softwares* de cálculo geram desenhos automaticamente. Além disso, os desenhos que eram feitos na prancheta contavam com a habilidade, destreza e capricho dos desenhistas. Hoje, a tecnologia de informação possibilita racionalizar o trabalho, os desenhos saem mais padronizados, com uma uniformidade difícil de ser conseguida quando feitos em uma prancheta.

O surgimento e a evolução dos *softwares* gráficos revolucionaram o trabalho dos profissionais ligados ao desenho de tal forma que, a maioria dos que não se dispuseram ou não conseguiram se adaptar à nova maneira de trabalhar utilizando a tecnologia da informação e comunicação foi forçada a largar a profissão. Em uma fase de transição dos desenhos feitos na prancheta para os feitos com o auxílio desta ferramenta, em algumas empresas, foi criada a figura do “cadista”, profissional com conhecimento apenas de *softwares* gráficos, encarregado de digitalizar os desenhos dos desenhistas e projetistas que não têm o domínio desta tecnologia. Hoje, para o profissional da área de desenho sobreviver na profissão, ele tem que saber utilizar a tecnologia da informação e comunicação. O número de profissionais da área de desenho nos escritórios de projeto estrutural foi reduzido significativamente, seja em função da utilização dos *softwares* de cálculo que geram desenhos automaticamente ou pelo fato de que estes profissionais têm a possibilidade de trabalharem em locais distantes dos escritórios, por poderem transferir informações eletronicamente.

Na apresentação final do projeto feito eletronicamente, o resultado é de nível excelente. Porém, o fato de todos os projetos terem uma apresentação estética equivalente, quando processada com a utilização da tecnologia da informação, faz com que se perca, pelo menos, um dos parâmetros utilizados para se diferenciar a qualidade dos projetos. Calculistas que utilizam um mesmo *software*, que geram desenhos automaticamente, ou com desenhos feitos em *softwares* gráficos,

apresentam projetos com a mesma apresentação formal, sem destaques distintivos em relação à autoria. Outra coisa: embora bem apresentáveis isso não determina que o projeto não contenha erros.

Os detalhes e premissas básicas de cálculo também podem ser padronizados, tornando-se mais característicos do escritório de projeto estrutural e não tanto do profissional responsável pelo projeto, eliminando a possibilidade de cada um imprimir sua marca subjetiva.

Analisando a trajetória dos engenheiros calculistas entrevistados formados antes da informatização dos escritórios de projeto estrutural, é claramente perceptível que sua capacidade de projetar, criar, conceber as estruturas, foi aos poucos sendo trabalhada, paralelamente à evolução dos instrumentos de cálculo. Os formados após este processo amadureceram profissionalmente já com a utilização da nova ferramenta, que inicialmente era opcional e posteriormente tornou-se obrigatória. Todos inseriram a tecnologia da informação no seu trabalho. Contudo, o uso deste instrumento não necessariamente o uso deste instrumento passou a ser feito pelos próprios engenheiros entrevistados, sendo frequentemente delegado a engenheiros iniciantes e estagiários.

Foram criadas parcerias de novo tipo. De um lado, os engenheiros recém-formados e estagiários, que apesar de habilitados a utilizar a nova ferramenta, não tiveram tempo hábil para desenvolver a crítica necessária para conceber e desenvolver um projeto estrutural de qualidade por sua pouca experiência profissional. De outro, os engenheiros calculistas experientes profissionalmente, que passam, aos primeiros,

conhecimentos que ajudam na sua formação profissional, mas que não dominam a tecnologia da informação ou não têm tempo de se dedicarem ao estudo de *softwares*, por estarem envolvidos com outras responsabilidades.

Ao mesmo tempo em que facilita o trabalho do engenheiro calculista, a utilização da tecnologia da informação exige deste profissional mais estudo e disponibilidade de tempo para se dedicar ao aprendizado dos programas. Esta relação estabelecida entre os engenheiros calculistas mais experientes e os profissionais com menos experiência na profissão foi de grande importância para a absorção desta tecnologia nos escritórios de cálculo.

Além da parceria mencionada acima surge, também, relações colaborativas entre os engenheiros projetistas. O engenheiro projetista que não tem o domínio de determinado *software*, ao precisar de um cálculo mais elaborado terceiriza este cálculo para um colega habilitado.

A elaboração de projetos, com intensa utilização de *softwares*, demanda responsáveis profissionalmente maduros. Para os processos de cálculo e detalhamento automáticos, muita atenção deve ser dada ao preparo da entrada de dados, os resultados devem ser analisados, criticados e validados. Além disso, é muito importante a interação do engenheiro com o *software*. O profissional deve fazer análises, verificações, enquanto o cálculo está sendo processado. Deve acompanhar o cálculo para ir sentindo como a estrutura está se comportando, passo a passo, evitando assim, erros grosseiros. São de fundamental importância o

conhecimento e experiência do engenheiro calculista no desenvolvimento de projetos feitos com a utilização da tecnologia da informação. Os entrevistados ressaltam problemas ocorridos em função de projetos elaborados com a utilização de *softwares* por pessoas inexperientes e também sua preocupação em relação a este fato.

Anteriormente, quando o cálculo estrutural era feito à mão, um profissional despreparado não conseguiria chegar ao final do projeto, uma vez que era o engenheiro que tinha que calcular passo a passo. No entanto, hoje, para determinados cálculos, existem *softwares* que ao entrar com dados corretos ou não, geram um projeto. Há grandes riscos de que uma estrutura segura não seja obtida nos projetos feitos com esta ferramenta. A velocidade com que o cálculo é processado no computador intensifica a exigência da necessidade de uma maior experiência do profissional. É imprescindível para o engenheiro ao utilizar *softwares* nos seus cálculos, grande conhecimento teórico, experiência prática e identificar qual a teoria utilizada no *software*.

Analisando-se os discursos dos entrevistados pode-se perceber a grande potencialidade da utilização da tecnologia da informação no trabalho do engenheiro projetista, pelos recursos de cálculo que esta possibilita, pela rapidez dos cálculos, pela possibilidade de se fazer cálculos mais apurados, mais aproximados da realidade, por proporcionar ao engenheiro a possibilidade de experimentar soluções dando mais autonomia para resolver a parte técnica de análise das estruturas e de concepção. Os entrevistados ressaltam que o trabalho braçal, hoje, fica

para a ferramenta, ou seja, o tempo que passavam antes fazendo cálculos, agora com a utilização da tecnologia da informação, poderia ser disponibilizada para a realização de um estudo mais aprofundado, para pensar o projeto, estudar hipóteses. Tempo para poder *raciocinar como engenheiro*.

Uma vez que as operações mecânicas do cálculo podem ser feitas com o auxílio da tecnologia da informação com muito mais precisão e agilidade, isto possibilita ao engenheiro calculista simular um número maior de hipóteses e testar diversas alternativas, incrementando seu estudo e análise da estrutura.

Inúmeras são as possibilidades proporcionadas pelo uso da tecnologia da informação aos engenheiros calculistas. Porém, todas elas são efetivamente concretizadas somente quando favorecidas pela formação e pelo uso adequados por parte de seus usuários, o que inclui, além da dimensão técnica, as condições de trabalho e de valorização profissional.

O que está ocorrendo atualmente é que os engenheiros calculistas estão trabalhando sob a pressão dos clientes e do mercado. A competitividade que têm que enfrentar está mais intensa. Os clientes exigem que os calculistas trabalhem com muita rapidez. Eles têm a idéia equivocada de que a “máquina” trabalha pelo engenheiro calculista além de diminuir custos, o que leva à desvalorização do trabalho dos engenheiros projetistas e ao barateamento dos projetos. A desinformação destes em relação à necessidade de se ter responsáveis pelos projetos estruturais

profissionalmente maduros, com grande conhecimento e experiência, principalmente no desenvolvimento de projetos feitos com a utilização da tecnologia da informação é um grande problema detectado pelos entrevistados. Este problema tem ocorrido não só na relação com os clientes leigos, mas também com clientes engenheiros civis de outras áreas. Portanto, o que ocorre, em muitos casos, é que os engenheiros projetistas não dispõem realmente do tempo que seria necessário para fazer um estudo aprofundado do projeto, tendo que pegar um volume maior de projetos para conseguir sobreviver.

Somado a isto existe a questão da utilização de *softwares* fechados. Na época do aparecimento dos primeiros instrumentos de cálculo programáveis, os engenheiros calculistas tinham condições de produzir seus próprios programas. Porém, com a evolução dos instrumentos e o surgimento dos PCs, os programas foram se tornando mais complexos e sofisticados, ficando o seu desenvolvimento a cargo de especialistas. Hoje, a maioria dos engenheiros utiliza apenas *softwares* fechados e poucos utilizam, além dos fechados, programas desenvolvidos por eles ou por colegas de empresas ou escritórios em que trabalham.

Com a utilização de *softwares* fechados os engenheiros projetistas ficam dependentes técnica e economicamente dos produtores de *software*, uma vez que precisam saber como aquele *software* funciona, a teoria utilizada no programa e não têm acesso ao seu código fonte, além de ser necessário um grande investimento em *hardware* e *software* para se trabalhar com projetos estruturais.

Os entrevistados reforçam que há a relação de dependência dos engenheiros em relação aos fornecedores de *software* e de *hardware* mencionada no Capítulo I: toda a manipulação que é feita para que os engenheiros tenham que aumentar a capacidade do *hardware* sempre que adquirem um *software* novo ou uma nova versão do seu *software*. Falam das enormes quantias pagas pelas licenças e pela quantidade de licenças que têm que ser pagas (uma para cada máquina). Além disso, os engenheiros ficam dependentes dos produtores dos *softwares* na medida em que precisam saber como funcionam, para dar suporte e para conseguirem alguma modificação ou adaptação nos *softwares*.

A discussão feita no Capítulo I sobre autonomia tecnológica se revelou pertinente uma vez que ela é importantíssima para maior liberdade e qualidade do trabalho do engenheiro projetista.

Para que o engenheiro calculista tenha mais qualidade no seu trabalho, precisa ter maior facilidade de acesso à tecnologia, confiabilidade no *software* que utiliza tendo acesso à teoria utilizada para fazer o programa, conhecendo as possibilidades e limitações dele do ponto de vista da engenharia. É necessária uma maior independência em relação à tecnologia, liberdade de aumentar a capacidade de seu *hardware* quando o convier, maior flexibilidade para fazer modificações nos *softwares* de acordo com seus interesses. Pois apenas desta maneira poderá ter autonomia técnica e financeira no seu exercício profissional.

A informatização do projeto estrutural é irreversível. A utilização da tecnologia da informação como instrumento de trabalho do engenheiro

calculista se consagrou. Contudo, engenheiros profissionais têm que ficar atentos para fazer com que este instrumento sempre seja seu aliado no trabalho, que esteja a seu serviço e não trabalhar em função da tecnologia. Os depoimentos obtidos dos entrevistados mostram que a nova tecnologia trouxe perspectivas de maior intelectualização do trabalho dos projetistas, mas evidenciaram também o aumento da intensificação do trabalho e o rebaixamento na remuneração do profissional.

Tudo isso tem implicações educacionais e para a revisão dos projetos pedagógicos dos cursos de engenharia. Os entrevistados mencionaram muitos saberes, habilidades e competências que um engenheiro projetista precisa ter para exercer sua profissão e que consideram importantes para a formação dos alunos. Tais informações serão consideradas a seguir, no próximo capítulo.

CONCLUSÕES

O ensino da engenharia no Brasil não tem a tradição de ser objeto de pesquisa sistemática. As escolas de engenharia brasileiras despertaram para a problemática do processo ensino-aprendizagem, de forma mais analítica e sistemática, ao longo da década de 1990. Neste período, alguns professores desta área de conhecimento já estiveram articulados pela Associação Brasileira de Educação em Engenharia - ABENGE, desde 1973². (SCHNAID *et al*, 2006).

As discussões sobre ensino de engenharia são, em geral, restritas a proposições de mudanças na matriz curricular. As questões de política educacional, os fundamentos (sociológicos, filosóficos, econômicos, psicológicos), os problemas e propostas didáticos e pedagógicos não têm sido devidamente contemplados nas mudanças ocorridas nos cursos de engenharia. Oliveira (2000, p.22) salienta, sobretudo, estes últimos. Com isto, há pouco acúmulo teórico e prático de contribuições para se pensar a formação de profissionais engenheiros com o perfil necessário para

² A Associação Brasileira de Educação em Engenharia – ABENGE foi fundada em 12/09/1973 e se propõe a “*produzir mudanças necessárias para melhoria da qualidade do ensino de engenharia no Brasil, contribuindo decididamente para a formação de profissionais cada vez mais qualificados e capacitados que levem o desenvolvimento e tecnologia a todos os pontos do país pelos benefícios que a engenharia pode proporcionar a toda população*”. Dentre suas principais realizações, podem-se destacar o COBENGE - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, estando em seu XXXVII ano, constituindo-se no principal evento da área de Educação em Engenharia no Brasil e a edição da Revista de Ensino de Engenharia, onde são publicados artigos de professores associados, para aprofundamento de discussões sobre a Educação em Engenharia e os mecanismos de viabilização de recursos, junto aos órgãos de fomento das esferas federal e estadual. A ABENGE conta, no momento, com 170 Instituições de Ensino de Engenharia e, aproximadamente, 1.400 sócios individuais - professores de Cursos de Engenharia de todo o Brasil.

enfrentar os desafios, que surgem com as transformações pelas quais passa o mundo do trabalho neste novo milênio. Tais mudanças, já discutidas nos capítulos anteriores, vêm modificando os requisitos de qualificação profissional e determinando o surgimento de novos perfis profissionais de uma maneira geral.

As competências valorizadas hoje vão além daquelas a que se deu valor há alguns anos atrás e, com a velocidade em que ocorrem as transformações no mundo do trabalho atualmente, provavelmente, em curto espaço de tempo, ocorrerão novas mudanças que irão requerer outros atributos. O necessário domínio de conteúdos de conhecimento científico e tecnológico não é mais suficiente para garantir, de forma permanente, um perfil profissional de alto nível. Outros ingredientes precisam ser incorporados à formação do engenheiro. Dentre estes, podem ser ressaltados alguns mencionados pelos entrevistados para esta pesquisa, tais como: habilidades para atuar em equipes, lidar com pessoas, saber fazer julgamentos, coordenar e gerenciar projetos, o que implica em ter visão de conjunto, iniciativa, liderança, percepção crítica, criatividade.

Algumas mudanças curriculares e organizacionais já têm sido realizadas nos cursos de engenharia com o objetivo de adequar a formação dos alunos ao perfil necessário às demandas atuais: o estímulo ao trabalho em equipe em contraposição à ideia de que o profissional de engenharia deve trabalhar isolado (disseminada nos cursos até as décadas de 1960 e 1970) e a oferta de currículos flexibilizados pela inclusão de um maior número de disciplinas eletivas em contraposição aos currículos fechados e

obrigatórios. Contudo, os cursos de engenharia continuam engessados à estrutura curricular formatada nas décadas de 1950 e 1960. São cursos constituídos de disciplinas inseridas sem elos claros de ligação com as outras e ainda muito informativas, mesmo sendo, hoje, possível obter acesso facilitado às informações disponibilizadas pelas tecnologias de informação e comunicação. (SCHNAID *et al*, 2006).

Em geral, os docentes de engenharia ainda não levaram às consequências práticas a necessidade de se refletir sobre as transformações no mundo do trabalho e as mudanças que se fazem necessárias na formação do engenheiro. Há, de fato, pouco engajamento destes docentes na promoção das mudanças que se fazem necessárias para se ter resultados efetivos. Portanto, uma questão importante que deve ser repensada no ensino de engenharia é o papel do docente da área, sua formação pedagógica e suas formas de atuação na atividade educacional.

No Brasil, o ingresso no magistério do ensino superior da área tecnológica, e mesmo no campo das ciências sociais e humanas, é decidido, quase que exclusivamente, com base no domínio de conhecimentos específicos. A prova didática, exigência legal para todos os concursos públicos para o magistério superior, consiste, em geral, de uma aula expositiva, para a qual o candidato dispõe de 24 horas para se preparar a partir de um tema sorteado. O que normalmente se avalia é o seu domínio sobre o conteúdo do tema sorteado e a maneira como o candidato o apresenta. Passado este momento, o professor, durante o resto de sua carreira acadêmica, jamais será questionado quanto aos seus

conhecimentos educacionais e procedimentos didáticos. (KOMOSINSKI, 2000).

O resultado disto é a crença de que, para ser professor, basta dominar o conteúdo específico e saber “expô-lo” razoavelmente para estar automaticamente habilitado a “ensinar”. (OLIVEIRA, 2000). A partir daí, o professor, na maioria das vezes, acredita que ao abordar em sala de aula todo o programa previsto para a disciplina, ele estará cumprindo o seu papel de docente. Se houve ou não aprendizagem, esta será verificada apenas no momento de avaliações formais e dependerão quase que exclusivamente de quanto o aluno se propôs a se dedicar ao estudo dos conteúdos ministrados na disciplina. Em nenhum momento se questiona este modelo didático ou se houve, de fato, um real processo de ensino-aprendizagem, no qual estes dois fenômenos estivessem mutuamente implicados.

O contexto descrito acima explica, pelo menos em parte, as convicções didáticas e pedagógicas dos professores universitários ligados à área tecnológica. A forma de atividade dos docentes sustenta-se na tradição aprendida dos professores do passado e enquanto ainda eram estudantes, nos pactos docentes acordados tacitamente ou no senso comum. O jeito “certo” e o “errado” de ser professor baseiam-se, sobretudo, nas lembranças dos modelos que serviam para distinguir os bons e os maus professores do tempo de estudante. (KOMOSINSKI, 2000).

Ressalte-se, também, que os professores da engenharia, em sua grande maioria, têm visto as questões relacionadas à didática e à pedagogia como uma área afeta apenas aos pedagogos e que a estes cabe o trato desta questão, quando não vêem relação ou necessidade de uma incorporação estruturada de elementos didáticos e pedagógicos devidamente adequados e compatíveis com as especificidades dos cursos de engenharia. A título de exemplo, não tem sido incomum a referência ao desempenho do professor no âmbito do curso de engenharia, no que se refere ao processo de ensino/aprendizagem, reduzida a ter (ou não) “didática” ou ter (ou não) “dom para ensinar”. (OLIVEIRA, 2000, p.23)

O dado concreto é que as instituições de ensino superior brasileiras procedem desta maneira há muito tempo (KOMOSINSKI, 2000). Apesar do fato das escolas de engenharia não terem tradição no estudo de concepções pedagógicas para o ensino de engenharia, e de serem recorrentes nos cursos de engenharia modelos pedagógicos e atuações docentes passíveis de muitas críticas, não se pode dizer que todo o resultado que vem sendo obtido no ensino de engenharia, no Brasil, tenha problemas de qualidade.

É preciso reconhecer que desses cursos saem alunos ainda fortemente competitivos no mundo do trabalho, pela sua capacidade de raciocínio lógico, de formulação de problemas e encaminhamento de soluções. São excelentes candidatos aos cargos que exigem operação e gestão de sistemas e pessoas. (SCHNAID *et al.*, 2006, p.26)

Uma das provas de que o ensino de Engenharia, no Brasil, não foi desestruturado, apesar de sua possível inadequação e da talvez recente e necessária atualização de metodologias e enfoques, está no fato de que os empresários europeus buscam com apreço os estudantes brasileiros de graduação que participam dos programas de intercâmbio [...] Estes estudantes possuem – segundo os relatórios desses Programas – características importantes para a nova cultura empresarial: a flexibilidade, a capacidade de adaptar-se a novas situações. (SCHNAID *et al.*, 2006, p.26)

Porém, estes resultados precisam contemplar o conjunto dos cursos e dos alunos de engenharia, o que significa pensar em alternativas que levem a mudanças na forma como a realidade educacional da engenharia está organizada atualmente. A velocidade crescente na produção, disseminação e acesso de conhecimento graças à mediação das tecnologias de informação e comunicação representa um novo elemento dentre os fatores diferenciais para a competitividade.

Transformações importantes estão acontecendo no mundo do trabalho em decorrência de políticas nacionais e empresariais de reestruturações e ajustes à globalização da economia, caracterizada pela dissolução das fronteiras econômicas, livre movimentação do capital financeiro e livre comércio, fenômenos que têm levado à mudança nas bases da competitividade capitalista e nas decisões sobre os investimentos econômicos e a repercussões importantes sobre a organização dos processos de trabalho e as relações profissionais. Tais mudanças encontram nas inovações tecnológicas, especialmente, na microeletrônica, biotecnologia e no desenvolvimento de novos materiais, formidáveis condições de estímulo, o que as faz participantes e cúmplices do dinamismo e consequências que caracterizam tais transformações. (MACHADO, 2008, p. 5).

Com as transformações que vêm ocorrendo no mundo do trabalho, ao professor de engenharia não basta mais se contentar com o domínio do conhecimento científico e técnico dos conteúdos escolares. Além disso, um grande número de ideais implícitas na “pedagogia do senso comum” têm suas raízes em teorias e valores criados nos séculos passados, especialmente a partir do século XVI (KOMOSINSKI, 2000). Portanto, tal “pedagogia” está defasada em relação às demandas atuais. Contribuições recentes provenientes da neurociência, da ciência cognitiva, da pedagogia e da psicologia têm apresentado novas concepções sobre ensino e aprendizagem.

Há sinais de que os docentes dos cursos de engenharia estão percebendo com estas transformações, que para dar conta das demandas atuais, eles têm que rever sua forma de trabalho, ocupando-se de questões pedagógicas e didáticas com pertinentes adequações ao universo da engenharia. Pode-se perceber este movimento dos docentes no aumento significativo, quantitativo e qualitativo, de suas participações, em eventos que tratam do “Ensino de Engenharia” ou da “Educação em Engenharia”. (OLIVEIRA, 2000).

Para o exercício da profissão docente, estas transformações têm trazido consequências importantes, que significam tanto ameaças quanto oportunidades. Há ameaças relacionadas ao novo contexto tecnológico e de globalização porque surgem agências concorrentes e os alunos estão mais livres para buscar informações, podendo isso implicar para os professores e as escolas perdas relativas de espaço e poder, pois eles não detêm mais o monopólio de acesso às fontes e às bases de dados. Por outro lado, há maior volatilidade e inseguranças nas informações disponibilizadas, o que provoca um sentimento maior de incerteza e insegurança, unificando as preocupações das escolas, professores, alunos e suas famílias, da sociedade. (MACHADO, 2008, p. 6).

Com isso, surgem oportunidades. Mas, para uma outra identidade de escola e de professor. O conhecimento se tornou mais importante para todo o mundo, mas o currículo deixou de ser um amontoado de conteúdos. A escola se tornou um sistema aberto, não só sobre si mesma, mas também para a comunidade. A sala de aula se tornou mais interativa, mas também um lugar de processamento e produção do conhecimento. Surgem, assim, outros tipos de demandas de interação e colaboração entre: professores e alunos; escolas e comunidades; o pensamento e a ação. (MACHADO, 2008, p. 6).

A partir das considerações acima e das análises feitas no Capítulo II, nestas conclusões será retomada a tese sobre a ampliação do componente de intelectualização do trabalho no caso do engenheiro projetista estrutural em razão das transformações no mundo do trabalho e suas implicações para a formação inicial e continuada deste profissional.

Serão também sistematizados elementos que fortaleçam o debate educacional e a busca que docentes e pesquisadores da área têm feito com relação às estratégias de ensino-aprendizagem de engenharia.

IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS DAS MUDANÇAS TECNOLÓGICAS NO TRABALHO DE ENGENHEIROS PROJETISTAS

Dentre os entrevistados, houve consenso sobre a importância de uma formação profissional sólida, obtida em uma boa escola. Para que um engenheiro calculista exerça as suas atividades com consciência e segurança, afirmaram a necessidade de uma base teórica muito boa. Foram categóricos ao dizer que, independentemente do recurso tecnológico que o engenheiro tiver, do seu instrumento de trabalho, se não tiver um conhecimento profundo do objeto sobre o qual está operando, não terá sucesso em seu trabalho.

As atividades do engenheiro calculista estão intrinsecamente ligadas às diversas etapas do processo produtivo da Construção Civil, o que exige do engenheiro calculista um conhecimento amplo, abrangente e diversificado. São conhecimentos não só de matérias ligadas diretamente à engenharia de estruturas, tais como resistência dos materiais, análise estrutural, estruturas de concreto, madeira e aço, mas de todas as disciplinas e atividades do curso, tendo em vista a aquisição de uma visão global do processo produtivo, a partir de uma sólida base teórica e metodológica. Além disto, estes conhecimentos precisam ser bem

contextualizados e trabalhados de forma integrada, o que requer diálogo interdisciplinar em todas as disciplinas.

É comum encontrar alunos que consideram determinadas disciplinas mais importantes que outras, ou que se dedicam mais às que gostam. Geralmente, alunos que possuem maior afinidade com o cálculo estrutural não se importam com a parte de execução. Isto é um equívoco e eles precisam ser bem orientados pelos professores quanto à importância dos conhecimentos da execução para a atividade do engenheiro calculista devido ao impacto que as definições do projeto estrutural têm sobre os aspectos organizacionais e financeiros das etapas seguintes do processo de trabalho da Construção Civil.

É possível perceber nos discursos dos entrevistados a preocupação com a formação de uma visão mais ampliada nos cursos de engenharia, quando enfatizam a necessidade da oferta de disciplinas complementares, tais como economia, contabilidade, organização de empresas, psicologia do trabalho, sociologia, estatística, informática, com o objetivo de promover entre os engenheiros uma maior interação com outras áreas do conhecimento necessárias ao desempenho da profissão.

Os entrevistados ressaltam também que o engenheiro projetista estrutural deve participar efetivamente no processo de projetar, o que exige saber gerenciar projetos, entender de custos, trabalhar com prazos, saber analisar as condições executivas da obra, condições do porte da obra, trabalhar com várias especialidades juntas, saber lidar com pessoas, trabalhar em equipe.

Além disso, a engenharia está em plena evolução, com novos materiais surgindo, novos métodos construtivos, o que faz necessário que os engenheiros estejam em permanente atualização, estudo e desenvolvimento, buscando o melhor desempenho pessoal e profissional, por meio de cursos, participação em seminários, congressos, adquirindo livros, assinando revistas.

Todos os entrevistados passaram por um período de aprendizado em serviço e a maioria ainda enquanto estudantes. O cálculo estrutural é uma atividade de grande responsabilidade e que exige certa experiência do engenheiro. Portanto, para os entrevistados, um iniciante deve sempre começar trabalhando com um engenheiro mais experiente que possa orientá-lo, para que aos poucos adquira noções de ordem de grandeza, conhecimento para analisar os resultados e domínio suficiente para saber analisar e lançar uma estrutura segura e econômica. Pode-se perceber o mesmo grau de importância atribuída a essa iniciação tanto pelos entrevistados que se graduaram antes da informatização dos escritórios, como por aqueles que se formaram depois deste processo.

A oportunidade de fazer estágio traz ao aluno a possibilidade de amadurecimento e de conscientização da necessidade de se ter experiência para se fazer um cálculo principalmente com utilização de *softwares*.

Para o aprendizado na prática também se enfatizou que a escola deveria contar com estrutura laboratorial dedicada a desenvolver atividades de extensão caracterizadas pela oferta de serviços à comunidade para que

os alunos pudessem ampliar as oportunidades de seu desenvolvimento profissional.

Os entrevistados enfatizaram também a obrigação da conscientização de futuros engenheiros sobre a necessidade de apropriada utilização, desde a escola, da tecnologia da informação no projeto estrutural, uma vez que o mau uso desta tecnologia traz como consequência projetos mal elaborados e muitas vezes com erros.

Os alunos deveriam, portanto, sair da Escola com a percepção desta tecnologia como um poderoso instrumento de trabalho, pelo o qual podem ser feitos cálculos, análise de hipóteses, estudo de modelos, com grande agilidade, plenamente conscientes dos critérios a serem adotados na utilização desta tecnologia. Como instrumento de trabalho a tecnologia da informação deve ser compreendida como aliada do engenheiro calculista em seu trabalho e sempre ser utilizada a seu favor, não podendo ser mais valorizada que a própria engenharia, o profissional e seu conhecimento.

Com a utilização da tecnologia desde a escola não somente os alunos que seguirão a carreira de engenheiro projetista estrutural ficam conscientizados do uso da tecnologia da informação nos projetos estruturais, mas também os engenheiros que futuramente serão os futuros construtores, clientes de seus colegas calculistas. Isto os conscientizará sobre a importância de um projeto bem feito, da importância da participação do engenheiro na qualidade do projeto e eliminará a visão equivocada de que um *software* de cálculo produz soluções

independentemente do trabalho do engenheiro.

A tecnologia da informação é uma excelente ferramenta para o ensino, devendo sua potencialidade ser aproveitada nos cursos de engenharia. O importante da utilização da tecnologia da informação é tê-la como grande aliada no aprendizado da engenharia de estruturas, no desenvolvimento da capacidade dos futuros profissionais de pensar, de criar, de dominar noções de ordem de grandeza dos valores a serem atingidos nos cálculos de seus projetos. Tal como foi bem ressaltado pelos entrevistados, hoje a tarefa de ensinar está também facilitada pela tecnologia da informação. É bem mais fácil mostrar a um estagiário ou engenheiro recém-formado como se calcula utilizando um *software* do que utilizando um livro. Portanto, é importante aproveitar a potencialidade do computador de uma forma mais efetiva no ensino de engenharia.

Na atualidade, os engenheiros civis já se formam com a imposição da utilização da tecnologia da informação no trabalho na área de projeto estrutural. Portanto, os egressos das escolas de engenharia devem ter o conhecimento das potencialidades desta tecnologia como instrumento de trabalho, mas principalmente conscientes de que o uso deste recurso só é transformado em projetos de qualidade se feito por profissionais bem formados, com grande conhecimento na área de engenharia de estruturas.

A INTELLECTUALIZAÇÃO DO TRABALHO DO ENGENHEIRO PROJETISTA ESTRUTURAL

Das análises feitas das entrevistas com os engenheiros projetistas estruturais que constam do Capítulo II, foi possível identificar fatores que têm papel importante no processo de fortalecimento do componente de intelectualização do trabalho destes profissionais. Os elementos identificados convergem para as conclusões dos autores citados na Introdução desta tese, que pesquisaram a hipótese de que o trabalho humano estaria se tornando mais intelectualizado como consequência das inovações tecnológicas e organizacionais aplicadas aos processos de produção e trabalho. Dentre estes fatores pode-se ressaltar o uso apropriado das tecnologias da informação e comunicação, possibilidade de autonomia tecnológica, bagagem alicerçada numa sólida formação geral, oportunidades para aprendizagem contínua, processo de trabalho que favoreça a integração entre concepção e execução, uma relativa desespecialização em favor de um perfil mais amplo, pensamento abstrato, oportunidade para trabalhar sobre informações, organização pautada em estruturas coletivas de trabalho (em equipes, atividades de cooperação, relacionamento), capacidade de adaptação à variabilidade de situações.

Os engenheiros projetistas estruturais, como os profissionais de um modo geral, dispõem, hoje, de um formidável instrumento de trabalho: as tecnologias da informação e comunicação. As potencialidades desta ferramenta para a promoção da elevação do componente de intelectualização do trabalho são enormes, assim também para a atuação

profissional dos projetistas. Contudo, como afirmaram Coriat (1988) e Freyssenet (1992), não há uma relação direta entre mudança tecnológica e mudança do conteúdo do trabalho. Coriat ressalta ainda que a sofisticação dos equipamentos não é clara indicação de uma inovação conceitual ou organizacional no trabalho.

Ao se comparar as formas de organização do trabalho dos entrevistados C, E e F, pode-se perceber que diante da mesma tecnologia como instrumento de trabalho, estes profissionais absorveram de formas diferenciadas. Na forma de organização do trabalho em que se encontrava inserido o entrevistado C, pode-se constatar que as tecnologias da informação e comunicação (TIC) foram introduzidas no seu escritório substituindo-se equipamentos. Substituiu-se, por exemplo, a prancheta pelo *software* gráfico para os desenhos, passou-se a utilizar *software* para os cálculos. Contudo, a elaboração de projetos demanda sua bagagem de conhecimento e experiência adquiridos durante sua vida profissional. No caso deste entrevistado, estas substituições ocorreram sem que houvesse o aproveitamento de outras potencialidades que a tecnologia da informação oferece como os exercícios de simulação, por exemplo. Já o entrevistado F, em outro extremo, mudou radicalmente a sua forma de organização de trabalho com a inserção desta ferramenta (TIC). Não se pode dizer, no entanto, que os projetos do entrevistado F são mais bem elaborados que aqueles do entrevistado C ou do entrevistado E, cuja mudança na organização de trabalho não foi tão significativa quanto à do entrevistado F.

Ao mesmo tempo, os entrevistados ressaltaram sua preocupação com a utilização da tecnologia da informação e comunicação por profissionais inexperientes e que não têm a consciência da necessidade de se utilizar estes instrumentos de trabalho com propriedade. A questão central desta preocupação está no trato da informação. O saber utilizar esta tecnologia com propriedade está relacionado com a capacidade de pensamento abstrato, pois implica decisões sobre o fornecimento dos dados corretos à máquina, analisar informações obtidas e tomar decisões acertadas tendo em vista alcançar os resultados esperados. Na mesma direção, Coriat (1993) concluiu que o aumento da intelectualização do trabalho dependeria da capacidade de ler, interpretar e decidir com base em dados formalizados e fornecidos pelas máquinas.

Os entrevistados ressaltaram que, para pensar e elaborar o seu projeto, o engenheiro projetista estrutural deve ter uma visão global do processo produtivo da Construção Civil, ter uma visão de conjunto. Ele precisa saber analisar diversos fatores na elaboração de um projeto como as condições executivas da obra, portes da obra, novas tecnologias construtivas, custos, prazos, gerenciamento, manutenção, segurança, qualidade do produto. Podem ser acrescentados, ainda, os aspectos relacionados à repercussão da obra no meio ambiente e no contexto social.

Isto nos remete às conclusões de Schmitz (1988) de que com a diminuição da separação entre concepção e execução, os conteúdos do trabalho poderão passar por um processo de intelectualização, levando a uma maior compreensão global pelo trabalhador do processo produtivo,

maior autonomia sobre o trabalho e capacidade de lidar com situações de variabilidade. Esta também foi a conclusão a que chegou Coriat (1995) quando destacou que a desespecialização do trabalho caracterizada pela re-associação de tarefas antes separadas pelo taylorismo, tais como execução, programação e controle de qualidade conduziria a um conteúdo de trabalho também mais intelectualizado.

O projeto é fundamental ao planejamento e programação das atividades de execução, pois fornece informações que podem ser de natureza tecnológica ou de cunho gerencial que devem refletir a maneira real pela qual a obra deverá ser executada, antecipando soluções às interferências e problemas que poderão ocorrer na execução. Portanto, é importante a atuação do construtor e dos consultores de tecnologia construtiva nas etapas iniciais do empreendimento visando à escolha apropriada entre as diferentes tecnologias, para que sejam tomadas medidas visando simplificar e facilitar as atividades de execução para se atingir os objetivos globais da construção.

A intelectualização do trabalho do engenheiro projetista estrutural poderá ainda ser potencializada com a difusão tecnológica na Construção Civil, como visto no Capítulo I, com o aumento do número de tecnologias disponíveis no setor, levando a uma maior complexidade do produto final e ampliação da variedade de processos construtivos. Tais fatores representam possibilidades de maior destaque para as empresas de projetos e engenharia consultiva, que possuem conhecimentos específicos e de elevado conteúdo técnico.

Coriat (1993) ressaltou também a flexibilização de tarefas, princípio básico do método japonês de organização, como fator favorável à elevação do componente de intelectualização do trabalho. O trabalhador deve ter a aptidão de se inserir e corresponder às demandas por uma multiplicidade de tarefas, tornando-se mais flexível. O autor destacou, assim, a importância do conceito de polivalência. Em seus discursos, os entrevistados sugerem uma formação profissional sólida do engenheiro projetista estrutural em uma boa escola, com estudo aprofundado nas disciplinas diretamente ligadas à engenharia civil, uma formação que proporcione uma visão global do processo produtivo da Construção Civil, fundamental para a área de projetos estruturais que conduz as diversas etapas do processo produtivo. Sugerem também um perfil mais amplo, com conhecimentos sobre economia, contabilidade, organização de empresas, línguas e uma formação humanística, cultural, entre outros conhecimentos diversos, para que o futuro engenheiro projetista estrutural possa desempenhar diversas tarefas no seu ambiente de trabalho com maior capacidade de adaptação à variabilidade de situações, possibilitando o desenvolvimento de competências de participação e autonomia de concepção e decisão.

Pode-se observar que, se antes o sistema produtivo tinha suas estruturas fundadas em organogramas matriciais e departamentalizados e na “organização científica do trabalho”, também conhecida como “taylorismo”, o que tornava as organizações bastante hierarquizadas e rígidas, hoje existem novos paradigmas que determinaram novas formas de organização da produção, menos verticalizadas e mais flexíveis. O profissional mais adequado a estes novos modelos deve

dispor de conhecimentos mais bem estruturados em termos de conjunto, que lhe possibilitem integrar-se ao sistema produtivo e não enquadrar-se apenas como mais uma peça da engrenagem que move a organização. (OLIVEIRA, 2000, p.13).

A junção de funções como operação e programação de equipamentos foi utilizada por Coriat (1993) para exemplificar a intelectualização do trabalho no modelo japonês que conseqüentemente levou à diminuição das diferenças entre trabalhadores da produção e os administrativos. Isto nos remete à questão tratada no Capítulo I da autonomia tecnológica dos engenheiros projetistas estruturais, que não podem ser meros operadores de uma máquina ou submissos a determinados *softwares*.

É necessário que o engenheiro tenha total controle técnico e operacional de seu instrumento de trabalho para ter consciência de suas potencialidades e seus limites. O engenheiro deve ter conhecimento da opção de utilizar, por exemplo, *softwares livres*, pois estes conferem mais autonomia para trabalhar e desenvolver conteúdos no processo de trabalho.

No debate sobre a intelectualização do trabalho, Freyssenet (1992) concluiu que esta depende da opção política da empresa na implantação da automação. Dependendo da forma de implantação, se for dentro de uma lógica prescritiva, pode ocorrer o empobrecimento dos conteúdos do trabalho, o aprofundamento da divisão do trabalho e a desvalorização do trabalho vivo. A outra forma, não prescritiva, seria qualificadora ao permitir uma maior autonomia dos trabalhadores e o

desenvolvimento de novos e enriquecidos conteúdos no processo de trabalho. Desta mesma forma, cabe aos escritórios de projetos estruturais definir a forma de implantação e de utilização da tecnologia da informação e comunicação, que mais proveito poderá produzir à qualificação e à intelectualização do trabalho de seus profissionais.

Outro aspecto que vem se alterando substancialmente é a forma organizacional das empresas no que diz respeito às atividades de projeção. Antes predominava o modelo segundo o qual os produtos eram desenvolvidos de forma “matricial”, em que um determinado artefato era desenvolvido por departamentos organizados segundo especialidades que realizavam pouca ou nenhuma interação entre si. Este processo de trabalho, é claro, representa reminiscências do taylorismo/ fordismo, em que ocorre uma intensa divisão e fragmentação do trabalho com acentuado controle da supervisão (MACHADO, 1992 *apud* OLIVEIRA, 2000, p.31)

Por ser o projeto estrutural determinante das diversas etapas de uma obra, é necessário que o engenheiro projetista interaja com os demais profissionais envolvidos no projeto e execução, assim como com o proprietário da obra. É um trabalho em equipe, de cooperação, que tem a informação como base. Zarifian (1993) apontou que nessas atividades se poderia apontar para intelectualização do trabalho. Schuman (1992) vem ao encontro das ideias de Zarifian ao concluir que o trabalho constituído por conteúdos mais intelectualizados está em tarefas indiretas, realizadas em equipes integradas, demandando maior qualificação e aprendizado profissional.

De acordo com a pesquisa realizada pelo SENAI (2005) sobre tendências organizacionais e de difusão tecnológica no subsetor de

edificações, os sistemas *Web* serão ferramentas importantes para facilitar a comunicação entre os agentes da cadeia produtiva. A interação entre empresas contratantes, empresas de projeto e engenharia consultiva e empresas construtoras requer uma maior integração para definir a melhor configuração de um produto e, assim, atender às necessidades e preferências do consumidor final.

A FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO PROJETISTA ESTRUTURAL PARA O NOVO MILÊNIO.

A formação do engenheiro projetista estrutural no contexto atual deste novo milênio envolve, portanto, alguns desafios que tornam a tarefa pedagógica uma obra de reflexão, estudo e experimentação coletiva. É para este esforço conjunto que se justifica a presente investigação e tese. Pela complexidade da questão, provavelmente várias propostas pedagógicas para a formação deste profissional poderão surgir e estas precisarão passar pelo crivo das práticas pedagógica e social para que seus resultados sejam avaliados.

A contribuição desta tese se volta à análise de elementos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem concernentes ao saber, ao objetivo deste processo; ao aluno (referência primordial); ao professor, cuja função mediadora entre o aluno e o saber é crucial. Neste sentido, retomam-se, aqui, as categorias de Charlot (2000) para a análise das relações constitutivas da relação com o saber.

Para este autor (2005, p. 90), “ensina-se um saber, forma-se o indivíduo” e “a ideia de formação implica a de indivíduo que se deve dotar de certas competências”.

O conteúdo e a natureza dessas competências podem variar segundo o tipo de formação e o momento histórico. Por meio das entrevistas com engenheiros projetistas estruturais, nesta tese foi feita uma análise das competências que os projetistas estruturais devem adquirir para lidar com as tecnologias da informação e comunicação em seu trabalho, dentre outras competências necessárias à prática profissional e corresponder às potencialidades de elevação do componente de intelectualização de seu trabalho. Deste forma, a partir deste ponto será discutida a formação deste profissional.

O indivíduo formado é aquele que, através de suas práticas, é capaz de mobilizar os meios e as competências necessárias (as suas, mas também eventualmente a dos outros) para atingir um fim determinado em situação dada. A prática é direcionada: o que lhe dá pertinência é uma relação entre meio e fins. A prática é contextualizada: ela deve poder controlar a variação; não apenas aquela previsível, normatizada, mas a variação como minivariação, como desvio da norma, como acaso, como expressão da instabilidade inerente e irredutível de qualquer situação. (CHARLOT, 2005, p. 90)

a) Relação com o tempo

⇒ Tempo de formação e tempo de experiência profissional

Uma reflexão profunda sobre os sistemas de educação e formação nos dias atuais deve ser realizada com base nas mudanças provocadas pela velocidade do surgimento e da renovação dos saberes e

do *know-how*. “Pela primeira vez na história da humanidade, a maioria das competências adquiridas por uma pessoa no começo de seu percurso profissional serão obsoletas no fim de sua carreira” (LÈVY, 1998).

[...] o profissional de engenharia não pode se restringir ao papel de mero repassador ou “aplicador” de tecnologia, mesmo porque, já no instante de sua formatura, ‘técnicas’ e ‘conceitos’ aprendidos durante o curso podem estar sendo superados. Se este profissional não estiver capacitado a acompanhar as constantes mudanças tecnológicas, pode ficar inabilitado para exercer sua profissão, engrossando as fileiras dos chamados “analfabetos tecnológico. (OLIVEIRA, 2000, p.32).

Não se pode parar de aprender. O dilúvio de informações não será acompanhado de nenhum refluxo. É preciso se acostumar com essa profusão e essa desordem. Por essa razão é que os indivíduos não se deparam mais com saberes estáveis (LÈVY, 1998). Este fato leva a questionar a divisão clássica entre o período de aprendizado e o período de trabalho.

Hoje, as possibilidades são a formação contínua e a formação em alternância. “A transação de informações e conhecimentos (produção de saberes, aprendizado, transmissão) é parte integrante da atividade profissional” (LÈVY, 1998).

⇒ **Tempo das mudanças no mundo do trabalho e currículo**

A estruturação atual dos cursos de engenharia ainda é basicamente a mesma da primeira escola de Engenharia, a *École des Ponts et Chaussées*, fundada na França em 1795 e que se tornou modelo para a fundação de escolas de engenharia em diversos países, inclusive no

Brasil (TELLES, 1994 *apud* OLIVEIRA, 2000, p.14). Nas décadas de 1960 e 1970, ocorreram mudanças significativas na formatação dos cursos, quando foram consolidados os currículos e modelos pedagógicos dos cursos de engenharia. Nesta época, o professor era a fonte primordial e prioritária de conhecimento dos alunos, com o suporte dos livros. (SCHNAID *et al*, 2006).

Desde aquele momento aos dias de hoje, modernizações foram feitas nos currículos. Entretanto, há de se levar em consideração que o tempo que se leva para estudar e implementar uma modernização curricular é muito longo em relação à velocidade em que ocorrem as transformações no mundo do trabalho.

Nos dia de hoje, com o fenômeno da globalização e das tecnologias da informação, “o mundo está mais aberto do que antigamente e não voltará a ser como antes” (CHARLOT, 2005). “O saber-fluxo, o saber-transação de conhecimento, as novas tecnologias da inteligência individual e coletiva estão modificando profundamente os dados do problema da educação e da formação” (LEVY, 1998). Os currículos dos cursos de engenharia não podem, portanto, privilegiar a acumulação de conteúdos na tentativa de garantir uma boa formação para os engenheiros, pois “a 'data de validade' daquilo que se aprende na universidade é cada vez menor” (KOSMOSINSKI, 2000).

⇒ TEMPO PARA ASSIMILAÇÃO DO CONHECIMENTO

As Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia (CNE/CES, 2002), visando atender às demandas atuais propõem o conceito de currículo como “conjunto de experiências de aprendizado que o estudante incorpora durante o processo participativo de desenvolver um programa de estudos coerentemente integrado” em substituição ao entendido como grade curricular que formaliza a estrutura de um curso de graduação. Nesta nova definição, destacam-se três elementos fundamentais:

- em primeiro lugar, enfatiza-se todo o conjunto de experiências de aprendizado, entendendo-se, portanto, que Currículo vai muito além da sala de aula e deveria considerar outras atividades complementares Essas atividades complementares visam a ampliar os horizontes de formação dos profissionais incluindo, além das técnicas, atividades culturais, políticas e sociais desenvolvidas pelos alunos durante o curso de graduação (CNE/CES, 2002);
- em segundo lugar, é preciso explicitar o que se quer dizer com o conceito processo participativo de desenvolver A experiência tem mostrado que uma das falhas do ensino superior reside na atitude passiva dos alunos em receber de seus professores os conteúdos ministrados no tradicional sistema ‘cuspe e giz’. O aprendizado só se consolida se o estudante desempenhar um papel ativo de construir o seu próprio conhecimento e experiência, contando para isso com a orientação e participação do professor (CNE/CES, 2002);
- finalmente, o terceiro elemento na definição de Currículo que é preciso ser entendido cuidadosamente diz: um programa de estudos coerentemente integrado. Sabe-se que a organização dos cursos em estrutura por disciplinas trouxe sérias consequências para a qualidade dos cursos de graduação e dos profissionais por eles formados. Nas reformas curriculares ocorridas nessas últimas décadas, pouco ou nada tem sido feito no que diz respeito à organização dos cursos por disciplinas isoladas (CNE/CES, 2002).

E ao conjugar estes três elementos na elaboração de um currículo de engenharia para a formação de engenheiros para este milênio,

há que se refletir sobre o tempo de assimilação do conhecimento. O aluno tem que ter tempo para refletir sobre o significado e relevância do que está aprendendo.

b) Relação consigo mesmo

⇒ Aluno

O aluno deve ser o agente ativo no seu processo de aprendizagem, de busca de conhecimento e de experiência.

Ninguém pode aprender sem uma atividade intelectual, sem uma mobilização pessoal, sem fazer uso de si. Uma aprendizagem só é possível se for imbuída do desejo (consciente ou inconsciente) e se houver um envolvimento daquele que aprende. (CHARLOT, 2005, p.76)

Para que o aluno se aproprie do saber, para que construa competências cognitivas, comportamentais, procedimentais e sociais, é preciso que ele tenha ao mesmo tempo o desejo do saber e o desejo de aprender. Desejo de saber em geral, desejo deste ou daquele conteúdo do saber. É preciso que haja uma mobilização subjetiva do aluno em atividades determinadas, sobre conteúdos determinados, que ele estude e se engaje em uma atividade intelectual, que se mobilize intelectualmente. (CHARLOT, 2005).

O aluno só aprende se construir o conhecimento acessando-o de múltiplas formas: participação em aulas, estudo em grupos, leitura de livros, revistas, acesso a tecnologia de informação e comunicação, mídia visual, conversas informais em ambientes diversos, por meio de muitas e

diversificadas interações e de muita busca de informações. Tem que haver um processo de assimilação do conhecimento por quem aprende, o conhecimento tem que fazer sentido para o aprendiz, tem que ser assimilado. Um conhecimento assimilado é um conhecimento que não será esquecido, é um conhecimento internalizado pela memória. (BECKER, 2006 *apud SCHNAID et al.*, 2006).

No processo de ensino / aprendizagem cabe ao aluno de engenharia entender a sua responsabilidade, o seu papel como agente ativo de seu aprendizado. Um aprendizado contínuo, que se estenderá por toda a sua vida profissional. O aluno de engenharia deve ter a visão de que o saber não é transferido pelo professor, este deve mediar o seu aprendizado. Além disso, é também fundamental que o aluno adquira a visão de que a sua permanência no mercado de trabalho dependerá de sua capacidade de fornecer respostas, criativas e críticas, e não exclusivamente do diploma de curso de engenharia que adquirir. Portanto, no período que passar na escola é primordial a dedicação do aluno às relações que lhe permitam se apropriar dos saberes, ao aprender usufruindo o que a escola lhe oferece como espaço de interação social. O aluno precisa ser orientado a desenvolver outros valores mais significativos do que simplesmente conseguir boas notas nas provas (ver relação com os sistemas simbólicos).

Para tal é preciso que o aluno se mobilize em atividades intelectuais para aquisição do saber e participe de atividades diversas internas e externas à escola para complementar a sua formação. Adquirir

competências técnicas e não técnicas por meio da participação de um conjunto de atividades de aprendizagem (ver relação com as formas de atividade).

⇒ **Professor**

De acordo com SCHNAID *et al.* (2006, p. 215):

Professor, um profissional cuja função social, dentre outros aspectos, é representar e comunicar conjuntos de conhecimento de uma geração a outra, introduzir o aluno à cultura de pesquisa, ajudá-lo a aprender a pensar e a adquirir habilidades para aprender sozinho, além de contribuir para transmitir todos os valores da sociedade da qual faz parte.

Ao professor cabe refletir sobre seu papel e modificar suas relações com o processo de ensino / aprendizagem. Se a aprendizagem requer interações diversas do aprendiz com o conhecimento, incluindo não somente o escolar, mas outros saberes igualmente imprescindíveis à sua formação profissional e pessoal, a prática escolar não pode se fundamentar em mera transmissão de conhecimentos.

[...] o docente vê-se chamado a tornar-se um animador da inteligência coletiva de seus grupos de alunos, em vez de um dispensador direto de conhecimentos". (LÉVY, 1998)

Charlot (2005, p. 55) coloca as seguintes questões: “de onde vem o desejo de saber, o desejo de tal e tal saber? De onde vem e como se constrói o desejo de aprender, esta mobilização intelectual que exige esforços e sacrifícios?” Cabe ao professor colocar problemas e desafios que provoquem as motivações dos alunos.

c) Relação com o outro

Para Charlot (2005, p. 45) “ [...] é o sujeito que aprende (ninguém pode fazê-lo em seu lugar), mas ele só pode aprender pela mediação do outro (frente a frente ou indiretamente) e participando de uma atividade”.

⇒ Relação professor-aluno

A ideia de construção do conhecimento é uma idéia que significa sujeitos ativos que se inter-relacionam. No processo de ensino-aprendizagem, a convivência, relação professor-aluno deve ser algo valorizado. Na atualidade o professor não é mais o único detentor do conhecimento a ser transmitido ao aluno, mas é alguém que tem um trajeto de vida, que já adquiriu competências, habilidades, que construiu estruturas capazes de resolver determinados problemas, que é capaz de lidar com determinados conteúdos com desembaraço, que pode ouvir, dialogar e orientar. Portanto, é a pessoa que pode direcionar, procurando facilitar, o aprendizado de seus alunos.

⇒ Relação aluno-aluno

Na relação entre alunos o aprendizado pode se dar por meio de trabalhos em equipe, onde o confronto de opiniões pode gerar conhecimentos, auxiliar no desenvolvimento das habilidades de cooperação, comunicação e coordenação, possibilitando o surgimento de lideranças.

d) Relação com os sistemas simbólicos

⇒ O aluno, a escola e o saber

Uma questão importante a ser considerada ao se pensar sobre a educação em engenharia é o significado para o aluno de ser estudante e de frequentar a escola.

Um fenômeno que merece atenção: os alunos não vão mais à escola para aprender, mas para “ter um bom emprego no futuro”. Os alunos vão à escola para “passar”, depois passar novamente, ter um diploma, conseqüentemente, um emprego, conseqüentemente, uma “vida normal” e mesmo, se possível uma “vida boa”. Em si, não há novidade nenhuma aí, e é mesmo um pensamento realista. (...) A novidade é que um número crescente de alunos vai à escola somente para ter um bom emprego no futuro, estando a idéia de escola desvinculada da idéia da aquisição do saber. Na escola, é preciso aprender o que ela impõe para que tenhamos um diploma – e este é o único sentido daquilo que se aprende. O saber não é mais sentido, prazer, é apenas obrigação imposta pela escola (e pelo professor) para se ter direito a uma “vida normal”. (CHARLOT, 2005, p. 83).

Antes de chegar à universidade, o aluno passa doze anos construindo o seu próprio significado do que é ser estudante. Nos últimos três, principalmente, o foco é o vestibular. Muitas vezes ele estuda resolvendo questões de vestibulares anteriores. O aluno estuda para passar no vestibular e ingressar na universidade.

No curso de engenharia, o aluno estuda o livro ou apostila adotado pelo professor como o “texto oficial” da disciplina. Além disso, há um consenso de que o professor está em sala de aula com a única finalidade de repassar conteúdos. O conteúdo da disciplina, via de regra, é estritamente aquele contido no “texto oficial” (KOSMOSINSKI, 2000). Para muitos alunos, está a ideia de que aquele que é ativo no processo do ensino-aprendizagem é o professor e não o aluno. Se o professor explica

bem (qualidade número 1 do bom professor, segundo os alunos), o saber “entra na cabeça” do aluno e esse pode “passar” (CHARLOT, 2005).

Os alunos normalmente resistem a qualquer tentativa do professor de estabelecer métodos pedagógicos alternativos, principalmente se este método exigir mais do aluno do que aqueles usados por outros professores. Para KOSMOSINSKI (2000) isto acontece, porque “os alunos percebem que não se trata de uma política educacional da instituição, mas um “devaneio” *isolado*”.

No mercado de trabalho sempre são exigidas novas competências. O acesso à escola apenas para estudar para provas, passar e adquirir um diploma não é suficiente para manter um profissional no mercado de trabalho. As pedagogias novas insistem sobre o papel ativo do aluno como condição de acesso ao saber (CHARLOT, 2005, p. 91). Se não é possível ao professor passar o conhecimento ao aluno, pois aprender exige um esforço mental do aprendiz, então para o sucesso do processo de ensino / aprendizagem nos cursos de engenharia é necessário uma redefinição de significado para os alunos do que seja ser estudante.

e) Relação com o mundo dos instrumentos para mediação da atividade de ensino/aprendizagem

Os instrumentos existentes para mediação pedagógica na atividade de ensino / aprendizagem são muitos, dentre os quais podem ser citados os tradicionais quadros-negros, transparências, livros, apostilas e o instrumento sempre em evolução, a tecnologia de informação e

comunicação. Todos estes recursos são válidos para a atividade de ensino / aprendizagem, mas sua utilização precisa ser revista, redimensionada e recriada, pois precisam ser entendidos como ferramenta de auxílio à construção do conhecimento pelo aluno.

Os livros, revistas técnicas, assim como todo recurso que se apresenta em forma de textos são fundamentais para se ter acesso ao conhecimento.

Como um meio para mediar atividades intelectuais, a característica crucial da escrita é que ela proporciona uma representação permanente do significado. Textos escritos podem ser lidos e relidos, em silêncio ou em voz alta, e – seja pelo escritor ou subsequentes leitores – podem ser revisados e interrogados criticamente, com cada versão sucessiva do texto provendo as bases para reflexões e reformulações adicionais. (KUHN, 1996 *apud* KOSMOSINSKI, 2000)

Porém o que ocorre na maioria das vezes é que são adotados “textos oficiais” das disciplinas nos cursos de engenharia, os quais são memorizados pelos alunos, com o intuito de tirar boas notas, e reproduzidos pelos mesmos nas provas. Isto ocorre porque nas avaliações é verificado pelo professor o quanto o aluno conseguiu absorver do conhecimento repassado por ele. Neste caso, o texto não é utilizado para a construção do conhecimento, o aluno não será capaz de aplicá-lo futuramente no seu trabalho e o conteúdo do texto será facilmente esquecido pelo aluno.

Os recursos educacionais, de uma maneira geral, não são utilizados de maneira adequada. Principalmente a tecnologia da informação, que ainda tem muito para ser explorada, com toda a sua potencialidade, incluindo o acesso aos textos, é subutilizada como recurso

educacional. Grande parte das iniciativas de utilização da tecnologia da informação, como recurso educacional, não passa de repasse de conteúdos prontos. (BECKER, 2006 *apud* SCHNAID *et al*, 2006).

Que diferença podemos estabelecer entre o sistema que estava estabilizado sobre as páginas dos livros e dos jornais e aquele que se inventa hoje sobre as relações digitais? Em relação às técnicas anteriores, a digitalização introduz, primeiro, uma pequena revolução copernicana: não é mais o leitor que segue as instruções da leitura e se desloca no texto, mas é, de hoje em diante, um texto móvel, caleidoscópio que apresenta suas facetas, gira, torna e retorna à vontade diante do leitor (LEVY, 1998).

A tecnologia da informação como recurso educacional traz possibilidades ainda muito pouco exploradas. Nas engenharias, talvez mais do que em outros cursos, pode-se transformar a tecnologia da informação em recurso importante para se trabalhar, para enriquecer a experiência de construir o conhecimento. (BECKER, 2006 *apud* SCHNAID *et al*, 2006, p.141).

Ao serem considerados os sistemas informatizados, é importante verificar que pouco se utiliza dos potenciais recursos relacionados à “tecnologia da informação” nos cursos e que hoje são essenciais nas modernas organizações. Na verdade, o que se verifica é a subutilização destes sistemas como ferramenta para o processo de ensino/aprendizagem e como componente das disciplinas de significativa parcela dos cursos de engenharia. (OLIVEIRA, 2000).

Porém, a utilização da tecnologia da informação como recurso educacional acarreta uma necessidade de compreensão de nova forma de mediar o processo educacional. Esta tecnologia altera as formas tradicionais de documentação, expressão e comunicação, em consequência disto muda as condições nas quais os professores realizam seu trabalho. (SCHNAID *et al.*, 2006, p. 215).

O ciberespaço suporta tecnologias intelectuais que ampliam, exteriorizam e alteram muitas funções cognitivas humanas: a memória (bancos de dados, hipertextos, fichários digitais [numéricos] de todas as ordens), a imaginação (simulações), a percepção (sensores digitais, telepresença, realidades virtuais), os raciocínios (inteligência artificial, modelização de fenômenos complexos). (LÉVY, 1998)

Os hipertextos apresentam uma nova forma de estruturar as informações em redes não lineares e interativas (SCHNAID *et al.*, 2006, p.204). Apresenta nova forma de documentar, acessar a informação, representar o mundo, comunicar ideias e conteúdos. (SCHNAID *et al.*, 2006, p.191). Um *link* pode levar não apenas a outra informação (texto, imagem) mas a um outro rumo que poderá determinar a continuidade ou não do raciocínio iniciado ou a instigar a curiosidade do navegador por informações diferentes daquelas que mobilizaram sua busca inicial.

É preciso ter atenção para o uso que os professores e os alunos irão fazer dos recursos educacionais para o ensino e a aprendizagem. O importante neste não é o acesso à informação, mas ao saber (CHARLOT, 2005).

As tecnologias da informação viabilizam diversas formas de acesso à informação e a interação, assim como, seu uso como mediação pedagógica no processo de aprendizagem.

A simulação, por exemplo, é um modo especial de acesso ao conhecimento possibilitado pelas tecnologias da informação. O principal interesse em se utilizar a simulação no trabalho do engenheiro projetista estrutural, bem como na sua formação, não está na substituição da experiência, mas sim em permitir a formulação e a rápida exploração de um

grande número de hipóteses. A simulação oferece ao engenheiro projetista estrutural a possibilidade de prever o comportamento de suas estruturas e avaliar várias hipóteses.

As técnicas de simulação não substituem os raciocínios humanos, mas prolongam e transformam as capacidades de imaginação e pensamento. A simulação é uma ajuda para a memória de curto prazo que envolve não imagens fixas, textos ou tabelas de números, e sim dinâmicas complexas. A capacidade de fazer variar facilmente os parâmetros de um modelo e observar de imediato e visualmente as consequências dessa variação constitui-se numa verdadeira ampliação da imaginação (LÉVY, 1998).

O fato de valer-se, a qualquer momento, da disponibilidade do recurso digital, que não se restringe a horários predeterminados ou a qualquer lugar, abre possibilidades quase infinitas em torno da tecnologia da informação. Não se pode sequer vislumbrar a extensão das possibilidades que essa realidade pode proporcionar ao processo de ensino aprendizagem.

f) Relação com as formas de atividade

f.1) Atividades do professor

⇒ Ação do professor na questão ensino / aprendizagem

[...] ensinar não é transferir conteúdo a ninguém, assim como aprender não é memorizar o perfil do conteúdo transferido no discurso vertical do professor. Ensinar e aprender têm que ver com o esforço metodicamente crítico do professor de desvelar a

compreensão de algo e com o empenho igualmente crítico do aluno de ir entrando como sujeito em aprendizagem, no processo de desvelamento que o professor ou professora deve deflagrar. Isso não tem nada que ver com a transferência de conteúdo e fala da dificuldade, mas, ao mesmo tempo, da boniteza da docência e da discência. (FREIRE, 1997, p.134 *apud* SCHNAID *et al.*, 2006, p.126)

⇒ **Aula expositiva**

Do ponto de vista teórico, aula interessante é aquela em que ocorre o encontro do desejo e do saber. Tenho estudado esta questão e posso dizer que não é fácil. CHARLOT (2005, p. 55)

Todo o esforço do professor na aula expositiva deve se concentrar em fazer do tempo de aula um tempo de inventividade, de enfrentamento de desafios, de reconstrução de conhecimentos pelos alunos, tentando tirar os alunos da passividade e os instigando a colocar sua inteligência em atividade, construindo o conhecimento. (BECKER, 2003 *apud* SCHNAID *et al.*, 2006).

Diante do exposto, a aula expositiva não deve se constituir de um momento de transferência de conteúdos, mas de contexto para que o professor crie ideias que desafiem os alunos a criar um mundo novo para eles.

Professores e alunos construirão algo novo assentado sobre as ações anteriores de laboratório e de pesquisa bibliográfica – um lugar de reflexão. A aula expositiva deve se basear em conhecimento prévio e em perguntas dos alunos. “Como é que um professor vai dar uma aula expositiva se o aluno não tem uma pergunta a fazer antes da própria aula?” (BECKER, 2003 *apud* SCHNAID *et al.*, 2006).

A sala de aula expositiva tem que estar respondendo questões de laboratório e questões teóricas, ao mesmo tempo. [...] Todo o conhecimento que nós temos hoje surgiu de perguntas, nós não resgatamos as perguntas para saber quais foram elas, quem as formulou por que foram formuladas, que problemas estavam sendo respondidos naquela ocasião. Simplesmente queremos pegar um conteúdo, que em si mesmo é vazio fora do seu contexto problemático, e trazê-lo para outro vazio, a sala de aula. É a receita certa para produzir o fracasso no ensino e na aprendizagem – ensino que não gera aprendizagem é um ensino fracassado. (BECKER, 2003 *apud* SCHNAID *et al.*, 2006, p.135)

A aula expositiva deve vir no conjunto de várias iniciativas para a relação com o aprendizado, nunca deve aparecer como o único recurso didático-pedagógico, mas como um dos vários utilizados pelo professor.

⇒ **O recurso da contextualização**

Ao pensar em suas atividades didático-pedagógicas, o professor pode lançar mão do recurso da contextualização para ajudar ao aluno a enxergar a relação prática que existe das disciplinas com a realidade concreta e as relações entre elas, que, em geral, estão desarticuladas na maioria dos currículos de engenharia.

O ideal é que cada disciplina fosse contextualizada de maneira a contemplar os conteúdos científico, técnico e humanístico, além do contexto de aplicação (terceira dimensão da Educação em Engenharia, visando, inclusive à superação da dicotomia entre as duas dimensões “teoria” e “prática”) sempre que for possível. (OLIVEIRA, 2000, p. 34).

Ao se buscar a contextualização do conhecimento, o objetivo é que, além do que se relaciona ao que se entende como científico e como tecnológico e que está contido nos diversos conteúdos das disciplinas, o aluno tenha a oportunidade de verificar os aspectos sociais e sistêmicos que permeiam a aplicação deste conteúdo e que as chamadas atividades teóricas e práticas não

têm como, por si só, alcançar. Também os trabalhos de final de curso e os estágios supervisionados não têm conseguido cumprir os seus objetivos e, mesmo que estas atividades complementares conseguissem atingir os seus objetivos precípuos, o conhecimento que poderia ser contextualizado nos mesmos ficaria restrito aos objetos destes trabalhos e destes estágios e ainda com o agravante de serem atividades posteriores às de cada disciplina, e não simultâneas. (OLIVEIRA, 2000, p. 42).

⇒ **Avaliação**

A evolução do sistema de formação não pode ser dissociada da evolução do sistema de reconhecimento dos saberes que o acompanha e pilota. A título de exemplo, sabe-se que os exames é que estruturam, a jusante, os programas de ensino. Utilizar todas as tecnologias novas na educação e formação sem nada mudar nos mecanismos de validação dos aprendizados equivale, ao mesmo tempo, a aumentar os músculos da instituição escolar e a bloquear o desenvolvimento de seus sentidos e cérebro. (LÉVY, 1998)

f.2) ATIVIDADES DOS ALUNOS

⇒ **Estágio**

O estágio é uma importante atividade na formação e inserção profissional dos alunos, principalmente se for oferecida a oportunidade de acompanhamento das mudanças tecnológicas que ocorrem na realidade do trabalho. É fundamental que este estágio seja bem supervisionado pelos professores, pois ele complementa a formação acadêmica dos alunos e deve ter caráter formativo. Através desta interação, a escola pode acompanhar as necessidades do avanço nas práticas profissionais, promover mudanças em seus currículos e orientar o processo de capacitação continuada de seus professores. Deve, assim, estudar as

maneiras de facilitar aos alunos o acesso ao estágio e a vivência da prática da profissão. Pelo que se viu dos depoimentos dos entrevistados, o estágio facilita e até antecipa a definição do estudante com relação à sua futura profissão. Este engajamento envolve não somente aspectos técnicos, mas também culturais, sociais, comportamentais e éticos e, como tal, constitui uma prática educativa, que deve ser cuidadosamente supervisionada pela escola.

⇒ **Atividades complementares**

São consideradas atividades complementares pelo Conselho Nacional de Educação (CNE/CES 1362/2001): a “iniciação científica e tecnológica, programas acadêmicos amplos, [...], programas de extensão universitária, visitas técnicas, eventos científicos, além de atividades culturais, políticas e sociais”.

A participação em atividades complementares dos alunos é de grande importância por ampliar os horizontes de uma formação profissional e proporcionar uma formação sociocultural mais abrangente (CNE/CES 1362/2001). Favorecem o trabalho individual e em grupo dos estudantes e contribuem para uma formação mais humanística, cultural e crítica do engenheiro.

Ao exercerem atividades complementares, de modo geral, os alunos têm a possibilidade de desenvolver habilidades e competências para o exercício de sua profissão em espaços diferenciados, estendendo

assim as chances de desenvolvimento técnico e profissional com riqueza em suas atividades no espaço, quando não limitadas apenas à sala de aula.

Em estudo feito sobre atividades acadêmicas complementares na formação do engenheiro, Tonini (2007) concluiu que apesar destas atividades não serem citadas na resolução como obrigatórias na formação do engenheiro, devem ser estimuladas, durante a realização do curso, pelas instituições de ensino superior, pois a pesquisa realizada apontou que elas agregam valores e saberes à sua formação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos, ocorreu uma grande e rápida elevação das inovações tecnológicas que acarretou mudanças no processo de trabalho dos engenheiros civis. A Construção Civil é um setor com grande variedade de atividades, onde as transformações tecnológicas provocam mudanças de forma diferenciada nas diversas atividades, incrementando a complexidade de uma análise do trabalho dos engenheiros civis como um todo, sendo necessário que se faça um estudo das atividades separadamente.

Nesta pesquisa foi feita uma análise das recentes transformações nas atividades da área de engenharia estrutural por serem as que mais sofreram impacto do avanço tecnológico. A evolução tecnológica dos instrumentos de cálculo, tão necessários ao trabalho do

engenheiro calculista, representada pelo intenso desenvolvimento da tecnologia da informação e comunicação, trouxeram grandes possibilidades de intelectualização do trabalho destes profissionais, bem como de sua formação.

Os sistemas digitais podem ser utilizados como instrumentos de comunicação, de pesquisa, de informação, de cálculo, de produção de textos, imagens ou som, de simulações. São instrumentos muito poderosos quando adequadamente utilizados que contribuem para uma nítida elevação do componente de intelectualização do trabalho do engenheiro projetista estrutural.

A forma de utilização desta tecnologia e de sua implantação é que define a mudança no conteúdo ou da organização do trabalho e não a sofisticação do instrumento.

A não utilização do instrumento com propriedade pelo engenheiro projetista pode fazer com que ele incorra em erros. Para que o engenheiro tenha a habilidade de utilizá-lo com propriedade é necessário ter um conhecimento profundo da engenharia e da sua atividade para ter a capacidade de fornecer elementos, ler, interpretar e decidir com base em dados disponibilizados pelas tecnologias. Também é fundamental a autonomia do sujeito face ao dispositivo tecnológico.

A difusão tecnológica em outras áreas da construção civil também potencializa a intelectualização do trabalho do engenheiro projetista estrutural, uma vez que requer conhecimentos mais específicos e de elevado conteúdo das empresas de projeto e de engenharia consultiva.

Instiga também a interação entre as empresas contratantes, de projeto e consultivas e as construtoras para melhor eficiência da cadeia produtiva da Construção Civil, bem como de seu produto final. Este fato eleva outros componentes que potencializam a intelectualização do trabalho dos engenheiros projetistas: a diminuição da separação entre concepção e execução, o trabalho em equipes integradas, a cooperação e trabalho a partir e com base na informação. A comunicação de informações e conhecimentos é parte integrante da atividade profissional.

Com as transformações recentes provocadas pela velocidade do surgimento e da renovação dos saberes, a divisão entre o tempo de formação do profissional e tempo de experiência profissional se esvaeceu. Estas transformações requerem que, tanto os engenheiros projetistas como os docentes de engenharia, estejam em permanente processo de atualização profissional.

O trabalho dos profissionais de engenharia tem se tornado mais complexo, aumentando a importância de atividades como coordenação de equipes, gestão de relações humanas, participação e autonomia de concepção e decisão, resolução inventiva de problemas.

A rapidez com que ocorrem as mudanças no mundo do trabalho, em função destas transformações recentes, traz um grande problema para as instituições de ensino. O estudo, assim como a implementação de uma modernização curricular encontram dificuldades de acompanhar a velocidade destas mudanças.

Ocorrem também profundas mudanças na relação com o saber. O estudante deve ser o agente ativo de seu processo de aprendizagem, de busca de conhecimento e de experiência. Os docentes de engenharia civil têm hoje uma árdua missão de rever sua atuação na atividade educacional. Não podem basear suas práticas em mera transmissão de informações, mas promover a produção de conhecimentos. É necessário que criem práticas que instiguem e provoquem os alunos, para que estes se encarreguem do esforço de aprender.

Neste sentido, as tecnologias de informação e comunicação oferecem grande potencial como recurso didático-pedagógico.

Com essa tese, espera-se instigar professores e estudantes a se engajarem na discussão de temas que envolvem a Educação em Engenharia, gerando informações, significados, sentidos, novos conhecimentos, subsídios indispensáveis à reavaliação crítica e à renovação criativa do ensino de engenharia civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. *NBR 6118*; Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003. 221p.

ASSUMPÇÃO, J.L.A. de. *Estratégia para Gerenciamento da Segurança e Saúde no Trabalho em Empresas de Construção Civil*. Rio de Janeiro, UFF, 1999. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Civil). Disponível em: <http://www.infohab.org.br>. Acesso em: 26 julho 2002.

AUSTIN,S., BALDWIN,A., NEWTON,A. *Manipulating the flow of design information to improve the programming of building design*. *Construction Management and Economics*. UK, v.12, no. 54, p. 445-455, sept., 1994. apud FORMOSO, C.T. et al. Racionalização. *Revista Técnica*. São Paulo, nov./dez., 1998.

BAHIA, M.G.M. *Políticas para os Ensinos Médio e Profissional: uma interlocução possível?* Belo Horizonte: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2003. 169p. (Dissertação, Mestrado em Educação).

BEDÊ, R. Qualidade depende da interação entre projetos. *Soluções Construtivas*, Revista do Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Minas Gerais – SINDUSCON – M.G, Belo Horizonte, ANO IV, n°15, p.33-34, out. a dez. 1998.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. *A indústria da construção brasileira no início do século XXI: análise e perspectivas*. Belo Horizonte: outubro de 1998.

CHARLOT, B. *Da relação com o saber; elementos para uma teoria*. Trad. Bruno Magne. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2000. 93p. (Tradução de: *Du Rapport au Savoir; éléments pour une théorie*).

_____. *Relação com o saber, formação dos professores e globalização: questões para a educação hoje*. Porto Alegre: Artmed, 2005. 159p.

CHAVES, M. *A indústria da construção no Brasil: desenvolvimento, estrutura e dinâmica*. Rio de Janeiro: Instituto de Economia Industrial da UFRJ, 1985. 282p. (Dissertação, Mestrado em Economia).

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. CÂMARA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR. Parecer CNE/CES 1362/2001. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. *Diário Oficial da União*, Brasília, 25 de fevereiro de 2002. Seção1, p. 32.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. CÂMARA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR. Resolução CNE/CES n.11 de 11 mar. 2002. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. *Diário Oficial da União*, Brasília, 9 de abril de 2002. Seção1, p. 32.

CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. *Constructability: a primer*. 2ed. Austin, 1987 (CII publication, n. 3-1) *apud* MELHADO, S.B., AGOPYAN, V. *O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle*. São Paulo: EPUSP, 1995. 20P. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/139).

COSENZA, G. *Software Livre: Compromisso Social*. In: *I ENCONTRO SOBRE SOFTWARE LIVRE*, UFV-MG, 2002.

COSTA S.T.F.L. *et al.* *A Construção Civil e o estresse como uma realidade*. Florianópolis: UFSC, 2006. Disponível em <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em abril de 2008.

DENCKER, A.F.M., VIÁ, S.C. *Pesquisa Empírica em Ciências Humanas (com ênfase em comunicação)* 2.ed. São Paulo: Futura, 2002. 190p.

FARAH, M. *Tecnologia, processo de trabalho e construção habitacional*. São Paulo, USP,1992. (Tese, Doutorado em Sociologia, Letras e Ciências Humanas).

FRANCO, L.S. *Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada*. São Paulo: Escola Politécnica da USP,1992. (Tese, Doutorado em Engenharia Civil).

FRANCO, L.S., AGOPYAN, V. *Implemento da racionalização construtiva na fase de projeto*. São Paulo, EPUSP, 1993 (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil. BT//PCC/94).

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Diretoria de Projetos I. Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. *Diagnóstico nacional da indústria da construção*; relatório síntese. 2.ed. v.1. Belo Horizonte, 1984. 363p.

GEBRAN, A.P. *O trabalho de série na formação de engenheiros: um estudo de caso*. Curitiba: CEFET-PR, 2002. (Dissertação, Mestrado em Tecnologia).

GIL, Antônio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4.ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2002. 176p.

GOMES, L.C. *Pequena história do computador*. São Paulo: Contexto, 1988. 75p.

HELENE, P.R.L. *Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto*. 2ed. São Paulo: Pini, 1992. 213p.

HILEBRANDT, P.M. *Economic theory and the construction industry*. London: Macmillan, 1974. p.24. *apud* FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Diretoria de Projetos I. Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. *Diagnóstico Nacional da Indústria da Construção*; relatório síntese. 2.ed. v.1. Belo Horizonte, 1984. p.12.

JOBIM, M.S.S., SABOY, R. *O impacto da industrialização na mão de obra da construção civil*. In: II Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído, 2001, Fortaleza - CE. *Anais*. Fortaleza, II SIBRAGEQ. , 2001.

KOMOSINSKI, L.J. *Um novo significado para a Educação Tecnológica fundamentado na informática com Artefato Mediador da Aprendizagem*. Florianópolis: UFSC, 2000. (Tese, Doutorado em Engenharia de Produção).

KON, F. *O Software Aberto e a Questão Social*. São Paulo: USP, 2001. Disponível em: <<http://gsd.ime.usp.br>>. Acesso em: 03 mar. 2006.

LAUTANALA, M. *A process approach to design for construction*. In: ALARCÓN, L.F. (Ed.) *Lean Construction*. Rotterdam: Balkema Publishers, 1997.

LEFÈVRE, F., LEFÈVRE, A.M.C. *O Discurso do Sujeito Coletivo: um novo enfoque em pesquisa qualitativa (Desdobramentos)*. Caxias do Sul, RS: EDUCS, 2003. 256p.

_____. Discurso do Sujeito Coletivo: representações sociais e intervenções comunicativas. *Texto Contexto Enferm*. Florianópolis, v.23, n.2, p.502-507, abr.- jun. 2010.

LÉVY, P. Educação e Cybercultura: a nova relação com o saber. In: «Cybercultura». Paris: Odile Jacob, 1998^a. Disponível em: <http://empresa.portoweb.com.br/pierrelevy/educaecyber.html>. Acesso em: 8 maio 2005.

_____. Tecnologias intelectuais e modos de conhecer: nós somos o texto. Tradução de Celso Cândido. Assistência e consultoria de termos técnicos por João Batista. Edição de texto por Cássia Corintha Pinto. 1998^b. Disponível em: <http://empresa.portoweb.com.br/pierrelevy/nossomos.html>. Acesso em: 12 maio 2005.

LIMA JÚNIOR, J.M. *Segurança e saúde no trabalho da construção; experiência brasileira e panorama internacional* / Jófilo Moreira Lima Júnior, Alberto López-Valcárcel, Luis Alves Dias. Brasília : OIT - Secretaria Internacional do Trabalho, 2005. 72 p. (Série Documentos de Trabajo; 200). (ISBN 92-2-817838-8 ISBN 92-2-817839-6 (web pdf)).

MACHADO, L.R.S. Inovações tecnológicas e reconfiguração da profissão docente. *Oficinas Temáticas. Caderno de Textos*, 10º Consinpro, Sinpro/Minas, 2008.

_____. *Mudanças tecnológicas e educação da classe trabalhador*” In: Coletânea CBE, *Trabalho e Educação*, Campinas/SP, Papirus apud OLIVEIRA, V.F. *Uma proposta para melhoria do processo de ensino/aprendizagem nos cursos de Engenharia Civil*. Rio de Janeiro: COOPE-UFRJ, 2000.

MAIA, P.A. *O ruído nas obras da construção civil e o risco de surdez ocupacional*. Campinas: UNICAMP, 1999. 99p. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Civil).

MARQUES, G.A.C. *O projeto integrado à obra*. EPUSP, 1992. (Notas de aula da disciplina PCC-568) apud MELHADO, S.B., AGOPYAN, V. *O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle*. São Paulo: EPUSP, 1995. 20P. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/139).

MELHADO, S.B., AGOPYAN, V. *O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle*. São Paulo: EPUSP, 1995. 20P. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/139).

MELLES, B. *What do we mean by lean construction in construction?* In: ALARCÓN, L.F. (Ed.) *Lean Construction*. Rotterdam: Balkema Publishers, 1997.

MENSHHEIN, R.M. *Como os fatores tecnológicos influenciam o dia a dia do Marketing*. Disponível em: <http://rmmmarketing.wordpress.com/2007/07/16/como-os-fatores-tecnologicos-influenciam-o-dia-a-dia-do-marketing/> Acesso em: 16 de julho de 2007.

MINAYO, M.C. de S. (Org.) *Pesquisa Social: teoria Método e criatividade*. Petrópolis: Vozes, 2001. 80p.

MILES, J. & MOORE, C. *Practical Knowledge – Based Systems in Conceptual Design*. Berlin: Springer Verlag, 1994 apud NAVEIRO, R.M., OLIVEIRA, V.F. (Org.) *O projeto de engenharia, arquitetura e desenho industrial: conceitos, reflexões, aplicações e formação profissional*. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2001. 188p.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia. Parecer CNE/CES 1.362/2001. Relator: Carlos Alberto Serpa de Oliveira. 12 dez. 2001. *Diário Oficial da União*, Seção 1, p.17, fev. 2002.

_____. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia. Resolução CNE/CES 11/2002 de 11 mar. 2002. *Diário Oficial da União*, Brasília, 9 abr. 2002. Seção 1, p.17.

MIRANDA, S. *Em defesa do Software Livre*. Pronunciamento do deputado Sérgio Miranda (PcdoB-MG), na sessão de 08.05.2002 da Câmara dos Deputados.

NAÇÕES UNIDAS, Nova York. *Classificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas*. Nueva York, 1969. p.30. (Informes Estadísticos. Série M,4).

NAVEIRO, R.M., OLIVEIRA, V.F. (Org.) *O projeto de engenharia, arquitetura e desenho industrial: conceitos, reflexões, aplicações e formação profissional*. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2001. 188p.

OLIVEIRA, V.F. *Uma proposta para melhoria do processo de ensino/aprendizagem nos cursos de Engenharia Civil*. Rio de Janeiro: COOPE-UF RJ, 2000. (Tese, Doutorado em Engenharia de Produção)

PINTO, A.A. *Navegando o espaço das contradições: a (re) construção do vínculo trabalho/saúde por trabalhadores da construção civil*. São Paulo: PUC-SP, 1998. 249p.

PORTER, M. *Estratégia Competitiva*. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

RIBEIRO, C.C., PINTO, J.D.S., STARLING, T. *Materiais de Construção Civil*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2002. 96p.

RIBEIRO, R.M. *O Formal e o Real: um estudo sobre a qualidade na construção civil*. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1998. 403p. (Dissertação, Mestrado em Engenharia de Produção).

RICHARDSON, R. (coord.) et al. *Pesquisa social: métodos e técnicas*. São Paulo: Atlas, 1989.

RODRIGUEZ, W.E. *The modeling of design ideas*. New York, McGraw-Hill, 1992. *apud* MELHADO, S.B. & AGOPYAN, V. *O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle*. São Paulo: EPUSP, 1995. 20P. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/139).

SABBATINI, F.H. *Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia*. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1989. 336p. (Tese, Doutorado em Engenharia Civil).

SANTOS, J.A.R. *Mini-calculadoras eletrônicas: sua aplicação correta e eficiente nas ciencias exatas*. São Paulo: c1977. 294p.

SENAI - SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. Departamento Nacional. *Tendências para o setor de construção civil: segmento de edificações / SENAI. DN – Brasília, 2005. 36 p. ; il. (Série Difusão Tecnológica e Organizacional; 1)*

SIMON, H.A. *The sciences of the artificial*. Cambridge, MA.: MIT Press, 1969. apud NAVEIRO, R.M., OLIVEIRA, V.F. (Org.) *O projeto de engenharia, arquitetura e desenho industrial: conceitos, reflexões, aplicações e formação profissional*. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2001. 188p.

SITTER, W.R. *Costs for service life optimization: the “law of lives”*. IN: CEB-RILEM. *Durability of concrete structures. Proceedings of the international workshop held in Copenhagen, on 18-20 May 1983*. Copenhagen, 1984. (Workshop Report by Steen Rostam).

SCHNAID, F., ZARO, M.A., TIMM, M.I. (Org.) *Ensino de Engenharia: do positivismo à construção das mudanças para o século XXI*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006. 317p.

STEMMER, C.E. A questão do projeto nos cursos de engenharia – texto nº1. In: Forum ABENGE. *Revista Ensino de Engenharia*, v.7, n.1, 1988. São Paulo, ABENGE, 1988. p. 2-6.

TELLES, P.C.S. *História da Engenharia no Brasil: Século XX*. 2.ed. Rio de Janeiro: Clavero, 1993.

VANNI, T. *Sistema de vedação em gesso acartonado*. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2000. 60p. (Monografia, Curso de Especialização em Construção Civil).

VASCONCELOS, A.C. *O Concreto no Brasil; recordes, realizações e história*. 2.ed. São Paulo: Pini, 1992. 277p.

YIN, R.K. *Estudo de Caso: planejamento e métodos*. Trad. Daniel Grassi. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 205p. (Tradução de: Case Study Research: design and methods).

YORDAKY, W. *Intelectualização do Trabalho no Capitalismo Contemporâneo; um estudo exploratório sobre o conceito de intelectualização do trabalho em autores nacionais e internacionais*. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica (SP), 1996. 135p. (Dissertação, Mestrado em História e Filosofia).

YOUSSEF, M. *Design for manufacturability and time to market*. International Journal & Production Management, p. 21, 1994.

ZAGO JUNIOR, G. & AZEVEDO, C. *Do tear ao computador: as lutas pela industrialização no Brasil*. São Paulo: 1989. 191p.

BIBLIOGRAFIA

ANTUNES, R. *Adeus ao Trabalho?: ensaio sobre as metamorfoses e a centralidade do mundo do trabalho*. São Paulo: Cortez; Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 1995. 155p.

BARBOSA, M. L. *Reconstruindo as minas e planejando as gerais: os engenheiros e a constituição dos grupos sociais*. Campinas: IFICH/UNICAMP, 1993. 292p. (Tese, Doutorado em Ciências Sociais).

BARDI, P.M. *Engenharia e Arquitetura na Construção*. São Paulo: Banco Sudameris Brasil S.A., 1985. 129p.

BAZZO, W.A.; PEREIRA, L.T.V. *Introdução à Engenharia*. 4.ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1996. 271p.

BAZZO, W.A., PEREIRA, L.T.V., LINSINGEN, I. *Educação Tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2000. 173p.

BOGDAN, R.C., BIKLEN, S.K. *Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Portugal: Porto Editora, 1991. (Tradução de: Qualitative Research for Education).

BORDIEU, P. *La Noblesse d'État, grandes écoles et l'esprit de corps*. Ed. De Minuit, 1989. p.254-257.

CAETANO, E. *A Modernização do Processo de Trabalho no Subsetor de Edificações: virtualidades e limites*. Campinas: UNICAMP, 1996. 160p. (Dissertação, Mestrado em Educação).

CARVALHO, J.M. *A Escola de Minas de Ouro Preto: o peso da glória*. FINEP, 1978.

CHARLOT, B. (Org.) *Os jovens e o saber: perspectivas mundiais*. Trad. Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001. 93p. (Tradução de: *Les jeunes et le savoir: perspectives internationales*).

CRIVELLARI, H.M.T. *A Trama e o Drama do Engenheiro: mudança de paradigma produtivo e relações educativas em Minas Gerais*. Campinas: Faculdade de Educação da UNICAMP, 1998. 265p. (Tese, Doutorado em Educação).

DIAS, F.C. *Universidade Federal de Minas Gerais: projeto intelectual e político*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1997. 348p.

DUARTE, F. *Arquitetura e Tecnologias de Informação: da revolução industrial à revolução digital*. São Paulo: FAPESP: Editora da UNICAMP, 1999. 200p.

FRANÇA, J.L. (Coord.). *Manual para normalização de publicações técnico-científicas*. 4.ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1998. 213p.

GOMES, A. C. (coord.) *Engenheiros e Economistas: novas elites burocráticas*. Rio de Janeiro: Ed. da Fundação Getúlio Vargas, 1994. 147p.

HARVEY, D. *Condição pós-moderna*. 9ed. São Paulo: Edições Loyola, 2000. 349p.

INOVA: IEL.NC, SENAI.DN. *Inova Engenharia: propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil*. Brasília: IEL.NC, SENAI.DN, 2006.

KAWAMURA, L.K. *Engenheiro: trabalho e ideologia*. 2.ed. São Paulo: Ática, 1981. 130p.

LAVILLE, C. ,DIONNE, J. *A Construção do Saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas*. Trad. Heloísa Monteiro e Francisco Settineri. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda.; Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999. 340p. (Tradução de: *La Construcion des savoirs: manuel de méthodologie en sciences*).

LÉVY, P. & AUTHIER M. *As árvores de conhecimentos*. Trad. Mônica M. Seincman. São Paulo: Ed. Escuta, 1995. (Tradução de: *Les arbres de connaissances*).

LOJKINE, J. *A revolução informacional*. Trad. José Paulo Netto. São Paulo: Cortez, 1995. 316p. (Tradução de: *La révolution informationnelle*).

LÜDKE, M., ANDRÉ, M.E.D.A. *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU - Editora Pedagógica e Universitária LTDA., 1986.

PCM LE PONT. Paris: École Nationale des Ponts et Chaussées, 95e Annee, n.1, jan. 1997.

RATTNER, H. *Informática e sociedade*. São Paulo: Ed. Brasiliense, 1985. 219p.

RIBEIRO, L.R.C. *Radiografia de uma aula em engenharia*. São Carlos: EduFScar, 2007. 138p.

SALUM, M. J. G., LIRA, A. F. *Programa de modernização do ensino da EE - UFMG*. Belo Horizonte, EE/UFMG, (s.n.t.).

SAURIN, T.A. (Org.) *Contribuições para Revisão da NR-18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção*. Porto Alegre: Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, 2000. 140p. (Relatório de Pesquisa).

SCHAFF, A. *A sociedade informática: as conseqüências sociais da segunda revolução industrial*. Trad. Carlos Eduardo Jordão Machado e Luiz Arturo Obojes. São Paulo: Ed. Brasiliense; Ed. UNESP, 1990. 157p. (Tradução de: *Wohin führt der Weg*).

SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA (SESI). Departamento Nacional. *Diagnóstico da mão-de-obra do setor da Construção Civil*. São Paulo, 1991. 112p.

SILVEIRA, M.A. *A formação do engenheiro inovador: uma visão internacional*. Rio de Janeiro: PUC-Rio, Sistema Maxwell, 2005. 197p.

SIMÕES, S.D. *The Position of Engineers in the Brazilian Class Structure and Their Industrial and Political Orientations*. London: University of London, 1989. 379p. (Thesis, Doctor of Philosophy in Sociology).

SIMPÓSIO NACIONAL DESPERDÍCIO DE MATERIAIS NOS CANTEIROS DE OBRAS: A quebra do mito, 1999, São Paulo. *Anais*, ed. por U.E.L. de Souza, V. Agopyan, J.C. Paliari, A.C. de Andrade. São Paulo: PCC/EPUSP, 1999.

TONINI, A.M. Ensino de Engenharia: atividades acadêmicas complementares na formação do engenheiro. Belo Horizonte: FAE/UFMG, 2007. (Tese, Doutorado em Educação).

TOZZI, M. (Org.) *Novos Paradigmas na Educação em Engenharia*. Curitiba: ABENGE, 2007. 332P.

VARGAS, M. (Org.) *História da Técnica e da Tecnologia no Brasil*. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista: Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 1994. 412p.

VINOKUR, A. Réflexions sur l'économie du diplôme. *Formation Emploi*, Marseille, n. 52, octob./decemb. 1995.

APÊNDICE A - Roteiro de Entrevistas

1. Ano de formatura e instituição.
2. Início do trabalho com projeto estrutural (quando, como e porque escolheu trabalhar com projeto estrutural)
3. Que atividades exerce hoje? (tipo de projetos e se exerce outra atividade profissional fora do escritório)
4. Quantos e quais profissionais trabalham no seu escritório?
5. O que você considera uma evolução tecnológica na área de projetos?
6. Quando começou a trabalhar com projeto estrutural quais os instrumentos de cálculo você utilizava?
7. E hoje?
8. Desde quando utiliza informática no trabalho?
9. Quanto tempo você disponibiliza para o seu trabalho?
10. Como é a sua rotina de trabalho? (Não precisa ser diária)
11. Qual o tipo de envolvimento você tem com a profissão?(é viciado no trabalho, dosa o tempo de trabalho e lazer, tem outras atividades fora da profissão, hobbies)?
12. Quanto tempo do seu trabalho você passa em frente ao computador? Como é a sua relação com a tecnologia (computador e *software*)?(gosta de utilizar, tem facilidade, é “fuçador” ou só utiliza o que colocam em sua frente e por necessidade)
13. Você concorda que o computador foi imposto ao trabalho do engenheiro da área de projeto estrutural?
14. Você acha que todos lidam da mesma forma com este instrumento de cálculo, com o mesmo grau de dificuldade (ou facilidade) independentemente da sua idade, formação, perfil?
15. Você acha que os computadores e *softwares* tidos como elementos facilitadores do trabalho dos engenheiros não são para alguns um elemento dificultador, uma vez que eles se acham obrigados a aprender e não motivados?

16. O hábito ou a prática de usar um instrumento de cálculo mais antigo interfere no aprendizado de um novo instrumento? (podemos estar falando de um novo *software* ou máquina de calcular ou até mesmo régua de cálculo)
17. A mudança (evolução) do instrumento de trabalho leva a mudanças na organização do trabalho? (na maneira de trabalhar, no número de profissionais envolvidos no trabalho,...)
18. A utilização do computador no trabalho do engenheiro modificou alguma coisa na relação deste com os clientes, colegas de trabalho, arquitetos, desenhistas, estagiários, etc?
19. Que *software* utiliza hoje? (é comprado, desenvolvido aqui mesmo, paga licença...)
20. Qual a interferência da tecnologia no custo dos projetos? Os preços dos *softwares* e *hardwares* influenciam o preço dos projetos? Têm que peso diante das despesas do escritório?
21. O *software* que você utiliza tem o código fonte aberto, ou seja, você tem acesso ao código fonte? Você conhece todos os “parâmetros” que ele utiliza para calcular? Você pode modificar o programa?
22. Para você trabalhar você precisa ter domínio total do *software*?
23. Os *softwares* interferem na autonomia do engenheiro sobre seu trabalho?
24. Quais são as vantagens da informática no trabalho?
25. E as desvantagens da informática no trabalho?
26. Qual a maior exigência dos clientes hoje em relação aos projetos?
27. O que você considera um “saber” importante para desenvolver projetos?
28. Considerações para a formação do aluno de engenharia civil?