


unesp  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

FERNANDO CAMPOS BITENCOURT

INOVAÇÕES TÉCNICAS E TECNOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Guaratinguetá - SP
2016

FERNANDO CAMPOS BITENCOURT

INOVAÇÕES TÉCNICAS E TECNOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva

Guaratinguetá - SP
2016

B624i Bitencourt, Fernando Campos
Inovações técnicas e tecnológicas na construção civil / Fernando Campos Bitencourt – Guaratinguetá, 2016.
74 f.: il.

Bibliografia: f. 72

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016.

Orientador: Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva

1. Construção civil. 2. Ferramentas. 3. Inovações tecnológicas. I. Título

CDU 69

FERNANDO CAMPOS BITENCOURT

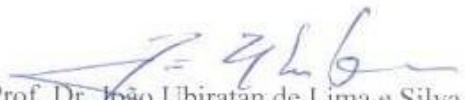
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“ENGENHARIA CIVIL”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM NOME DO CURSO



Prof. Dr. Enos Arneiro Nogueira da Silva
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. João Ubiratã de Lima e Silva
Orientador/UNESP-FEG



Profa. Dra. Márcia Regina de Freitas
UNESP-FEG



Prof. Msc. Daniel Clemente Vieira Rêgo da Silva
UNESP-FEG

*À minha família, a todos os professores
que tive e a todos que me acompanharam nessa jornada*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida, e por ter me permitido chegar onde cheguei. Em segundo minha família, minha base e meu alicerce. Obrigado por sempre me ensinarem a ser uma pessoa correta e íntegra, me passando valores éticos e morais que levarei para a vida toda. Obrigado também por sempre estarem ao meu lado, me acompanhando nos momentos bons e ruins da vida e sempre me apoiando e guiando quando necessário.

Também agradeço à minha namorada, esse foi o ano mais decisivo da minha vida, e você esteve presente todo o tempo, muito obrigado.

Agradeço também aos meus amigos, vocês fizeram esses anos serem muito melhores do eu esperava. Fosse um momento de descontração ou um momento sério, vocês estiveram sempre comigo.

Um agradecimento enorme à República Fim do Mundo, que me acolheu tão bem no primeiro ano. O crescimento pessoal que tive dentro dessa República e também todas as amizades que fiz ao longo desses anos com certeza serão lembradas para toda a vida, obrigado por terem sido minha família em Guaratinguetá.

Por último, agradeço a todos os professores que tive, desde quando entrei na escola quando criança até os que me ensinaram nesses anos de engenharia. Cada um de vocês divide esse mérito comigo, muito obrigado.

“Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a nós mesmos”

Friedrich Nietzsche

RESUMO

Essa monografia mostra a história da construção civil, além de detalhar como foi a evolução das ferramentas no setor. Serviços que antes eram feitos de maneira manual e requeriam muito tempo e esforço físico hoje são executados de maneira mais fácil, exigindo menos tempo e executando as tarefas de maneira mais eficiente e com um maior padrão de qualidade. Além disso, o estudo mostra como essas ferramentas podem contribuir para a obra nos dias de hoje, seja pela maior qualidade ou pela economia de tempo e dinheiro gerada. Outro ponto abordado nesse trabalho é a questão da qualidade na construção civil, onde é mostrado como e quanto essas ferramentas contribuem para um maior padrão nas construções, o que pode diferenciar uma construtora no mercado de trabalho. É feita também uma análise de otimização da construção de um prédio na cidade de Guaratinguetá, onde há uma comparação de custo-benefício entre as técnicas tradicionais utilizadas e as novas técnicas apresentadas, comprovando a hipótese de que essas novidades valem a pena financeiramente para as construtoras.

PALAVRAS-CHAVE: Construção Civil. Ferramentas. Qualidade. Técnicas.

ABSTRACT

This study shows the civil construction's history and details how the evolution of the tools in this sector was. Services that were performed manually and used to require many time and physical effort now are easily performed, requiring less time and performing the services more efficiently with a higher quality standard. In addition, this study shows how those tools can contribute to the construction nowadays with quality and saving time and money. Other subject in this study is the quality in the civil construction, where it's shown how those tools contribute with a higher quality standard in constructions, and it can differentiate a company in the market. It's also shown an optimization analysis of a building construction in Guaratinguetá, where it's made a cost-benefit comparison between the traditional techniques that were used and the new shown techniques, which proves the hypotheses that those new tools are economically viable for the construction companies.

KEYWORDS: Civil Construction. Tools. Quality. Techniques.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Farol da Ilha de Faro, Alexandria	18
Figura 2 – Maquete do Coliseu, Roma	20
Figura 3 – Corte Transversal e Perspectivado Isométrico do Coliseu.....	20
Figura 4 – Interior da catedral de Santa Sofia	21
Figura 5 – Corte Perspectivado Isométrico de Santa Sofia	22
Figura 6 – Monastério Real de San Lorenzo de El Escorial.....	23
Figura 7 – Abóbada abaulada com vão de 8 metros, El Escorial	23
Figura 8 – Saint Paul’s Cathedral	25
Figura 9 – Piso de concreto armado do Ingalls Building	26
Figura 10 – Exterior do Ingalls Building.....	26
Figura 11 – Empire State Building	27
Figura 12 – Centro de Ginástica de Seul	30
Figura 13 – Detalhe da fachada da Allianz Arena.....	31
Figura 14 – Ferramentas na Idade Média	33
Figura 15 – Ferramentas surgidas após a Idade dos Metais	34
Figura 16 – Furadeira	35
Figura 17 – Betoneira	35
Figura 18 – Caminhão Bomba.....	36
Figura 19 – Evolução do carrinho de mão.....	36
Figura 20 – Evolução da chave inglesa	37
Figura 21 – Evolução do maçarico	37
Figura 22 – Evolução da trena.....	38
Figura 23 – Trabalhador utilizando a perna mecânica	40
Figura 24 – Pistola de pintura sendo utilizada.....	40
Figura 25 – Lixadeira elétrica.....	41
Figura 26 – Gabarito de aço para janelas	42
Figura 27 – Gabarito de aço para portas.....	42
Figura 28 – Evolução do T30 nos 5 primeiros dias.....	45
Figura 29 – T30 finalizado	46
Figura 30 – Localização da Obra.....	47
Figura 31 – Máquina de amarrar ferragens	60
Figura 32 – Escantilhão com tripé.....	61

Figura 33 – Uso do escantilhão simples	62
Figura 34 – Escoras Metálicas.....	63
Figura 35 – Uso da projetora de argamassa.....	64
Figura 36 – Bomba projetora.....	64
Figura 37 – Máquina recicladora de gesso	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Detalhamento da laje do subsolo	48
Tabela 2 – Detalhamento da laje do térreo	48
Tabela 3 – Detalhamento da laje da cobertura	48
Tabela 4 – Detalhamento da laje do primeiro pavimento	49
Tabela 5 – Detalhamento da cobertura	49
Tabela 6 – Quantidades de cada etapa na obra e comparações de rendimentos.....	66
Tabela 7 – Custo final dos equipamentos propostos.....	66
Tabela 8 – Comparativo para um prédio de 24 andares.....	67

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	14
3	A HISTÓRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL	15
3.1	PRÉ-GRÉCIA HELÊNICA	15
3.2	GRÉCIA ANTIGA	16
3.3	IMPÉRIO ROMANO	19
3.4	ERA MEDIEVAL	21
3.5	RENASCIMENTO	22
3.6	ILUMINISMO	24
3.7	A EDIFICAÇÃO MODERNA E SEU SURGIMENTO	25
3.8	O SURGIMENTO DA ENGENHARIA DE EDIFICAÇÕES	27
3.9	AS CONSTRUÇÕES ATUAIS: A INFORMÁTICA, A SUSTENTABILIDADE E A ENGENHARIA NOS ESPORTES	28
4	A HISTÓRIA DAS FERRAMENTAS	33
5	NOVAS FERRAMENTAS	39
6	A INDUSTRIALIZAÇÃO DAS CONSTRUÇÕES	43
7	ESTUDO DE CASO	47
7.1	APRESENTAÇÃO DO PROJETO	47
7.2	TÉCNICAS E FERRAMENTAS UTILIZADAS	50
7.2.1	Fundação	50
7.2.2	Alvenaria	51
7.2.3	Pilares	52
7.2.4	Vigas	53
7.2.5	Lajes	53
7.2.6	Revestimento Externo	53
7.2.7	Esquadrias Metálicas	54
7.2.8	Esquadrias de Madeira	54
7.2.9	Peças Cerâmicas	55
7.2.10	Gesso Liso	56
7.2.11	Instalações Elétricas	56
7.2.12	Instalações Hidráulicas	57
7.2.13	Pintura	58

7.2.14	Jardins na Cobertura	59
7.3	NOVOS EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS A SEREM UTILIZADAS ...	60
7.3.1	Fundação, Vigas e Pilares	60
7.3.2	Alvenaria	60
7.3.2.1	Estrutural	60
7.3.2.2	De vedação	61
7.3.3	Lajes	62
7.3.4	Revestimento	63
7.3.4.1	Externo em argamassa	63
7.3.4.2	Em gesso liso	65
7.4	ANÁLISE DO CUSTO-BENEFÍCIO	65
8	CONSTRUÇÕES MODERNAS E A ESCOLARIDADE DA MÃO DE OBRA	68
9	CONCLUSÃO	71
	REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

O ser humano, desde seu surgimento, vem se adaptando a várias situações, primeiramente para sua sobrevivência (armas para caça, manuseio do fogo, etc.). Já nos dias atuais, nossa espécie domina o planeta e, com isso, houve o desenvolvimento maciço de tecnologias modernas, principalmente nas últimas décadas. Hoje a tecnologia passou a ser não apenas algo no cotidiano das pessoas, mas também um hábito, uma necessidade diária, seja no uso de carros, eletrodomésticos, maquinários industriais, até itens pessoais como computadores e *smartphones*.

Na construção civil não é diferente. A tecnologia nessa área também vem crescendo ao longo dos anos. Atividades antes difíceis ou impossíveis de serem realizadas passaram a ser facilmente executadas por máquinas nas construções, substituindo trabalhos braçais e pesados, por exemplo. Houve um surgimento muito grande de diferentes ferramentas com diferentes funções, tamanhos e utilidades, facilitando a vida nas construções.

Parte dessas ferramentas e tecnologias ainda não faz parte do dia-a-dia nas construções brasileiras. Um primeiro ponto é a resistência das empresas. As pessoas tendem a não confiar muito em algo que não conhecem, e preferem manter métodos e procedimentos que apesar de serem mais antigos, apresentam uma eficiência aceitável, sendo o “normal”. Outro ponto é o alto investimento inicial. Mesmo que futuramente uma máquina possa se apresentar mais eficiente não só em seu serviço, mas também economicamente (por substituir um ou mais trabalhadores braçais, por exemplo), ainda há a cultura de se analisar apenas o custo inicial.

Nesse trabalho serão feitas análises dessas ferramentas e tecnologias, desde seus usos até seus custos, mostrando que a longo prazo elas geram economia nas obras, já que podem substituir trabalhadores braçais e executar o serviço em menos tempo, diminuindo o custo indireto das obras.

Além da economia a longo prazo, outra vantagem a ser analisada é a qualidade e eficiência dos serviços executados por essas ferramentas. As máquinas e tecnologias fazem com que o serviço seja executado mais facilmente e com mais eficiência, melhorando a qualidade da obra e evitando que o mesmo serviço precise ser executado mais de uma vez devido às falhas encontradas depois da execução.

A aplicação dessas tecnologias, se feita em momentos específicos e de maneira correta, traz inúmeras vantagens para a construção civil, e com sua popularização ao longo dos anos pode formar um novo padrão nos métodos de construção no mundo.

2 OBJETIVOS

1) Apresentar as novas ferramentas e técnicas, explicando os usos e vantagens das mesmas.

2) Fazer comparações de ferramentas e técnicas convencionais com novas ferramentas e técnicas, analisando o custo-benefício e o tempo de execução nas duas situações.

3) Verificar e analisar a aplicação dessas tecnologias na construção de um prédio em Guaratinguetá.

4) Mostrar um estudo da evolução das tecnologias e ferramentas utilizadas na construção civil.

3 A HISTÓRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A fim de mostrar a história da construção civil no mundo, é preciso fazer uma divisão cronológica da história da humanidade. Essa divisão se inicia no momento em que passam a existir grandes civilizações, como na Grécia, Roma e Egito, além de se também levar em consideração linhas filosóficas como o Iluminismo ou o Renascimento.

3.1 PRÉ-GRÉCIA HELÊNICA

Os primeiros indícios do uso da engenharia em construções são de uma época próxima de 1500 a.C. Os soberanos egípcios da época encomendavam colossais templos e palácios, os quais utilizavam colunas e vigas de pedra. As construções mais antigas eram bem mais simples, executadas com barro (ou tijolos de barro) e madeira, utilizando uma cobertura de palha. Normalmente essas construções não ultrapassavam os 3 ou 4 metros de altura. Devido à facilidade em encontrar esses materiais e também à facilidade de manuseio e transporte, a mão de obra não precisava ser especializada. Logo, essas construções eram de uma exequibilidade simples e não apresentavam custos altos.

A escala era humana – o pé-direito raramente era superior a 3 ou 4 metros – e as casas eram construídas com materiais e componentes de fácil manuseio por alguns carpinteiros e outros trabalhadores pouco especializados. Os materiais eram bastante baratos, e mesmo a mão-de-obra, o custo principal, provavelmente representava pouco mais do que a comida dos trabalhadores. (ADDIS, 2009, pág. 15)

Mas como os faraós gostavam de mostrar poder, grandiosidade e riqueza, seus templos deviam ser enormes, imponentes e ter os materiais mais duradouros. Além disso, devido à complexidade dessas construções, a mão de obra devia ser a melhor disponível. O melhor material para tais construções nessa época era a pedra, o que dificultava, e muito, o transporte desse material. O transporte das pedras se mostrava um processo perigoso e muito cansativo, devido ao peso das mesmas.

Foi aí que surgiu o conceito de “projeto”. A fim de facilitar a logística para obtenção e transporte de matéria-prima e também a execução das construções, os gregos e os egípcios passaram a planejar o que fazer antes de tomar as atitudes.

O indivíduo encarregado de executar um projeto tão grande precisava ter seus orçamentos aprovados, e se esperava que ele mostrasse ao seu cliente ao menos um esboço ou uma pequena maquete. Ele também tinha que estimar o prazo de

execução da obra e dar uma ideia de quanto os materiais custariam. A mão de obra precisava ser organizada e receber instruções precisas sobre o número e as dimensões das pedras necessárias. As diferentes equipes de trabalhadores também precisavam saber como suas contribuições separadas iriam se encaixar no todo. Além disso, eram necessárias reuniões usando-se os conceitos mutuamente compreendidos e argumentos racionais. Em suma, tínhamos um processo pouco diferente daquele que hoje temos em qualquer projeto de uma grande edificação. (ADDIS, 2009, pág. 15)

3.2 GRÉCIA ANTIGA

Durante o Período Helênico, o orgulho e a identidade dos gregos floresceu e isso foi refletido diretamente nas suas construções. Os edifícios gregos passaram a ser muito maiores do que eram antigamente, a fim de expor a sua cultura e também para se destacar perante os povoados vizinhos.

Berço da democracia, a civilização da Antiga Grécia passou a usar essa filosofia não só em sua política, mas também nas construções. Diferente das construções feitas para os faraós, os gregos passaram a dar mais importância para ambientes democráticos.

Apesar de terem sido influenciados pelas técnicas egípcias, os gregos se destacaram pelas inovações e soluções para problemas que na época eram difíceis de serem resolvidos. Técnicas que antes não tinham grande eficácia, passaram a ser mais eficazes e fáceis de serem aplicadas depois de pequenas modificações.

Um importante exemplo dessa criatividade grega foi uma adaptação de uma das técnicas egípcias. Os egípcios usavam materiais como o cobre e o bronze em forma de H para conectar os frisos de pedra com a arquitrave na cobertura. Porém, esses materiais não possuem grande eficiência para tal situação e não suportavam grandes vãos e sobrecargas. Os gregos usavam a mesma técnica, porém ao invés de cobre ou bronze, passaram a usar o ferro, e finalmente conseguiram vencer vãos maiores do que 8 metros com sobrecarga média de 20 toneladas.

Outro ponto importante a se destacar sobre os gregos são os indícios de que eles já possuíam pensamentos de engenheiros. É possível notar que eles já tinham conhecimento sobre os esforços de flexão sofridos por vigas, já que nas grandes ruínas das construções gregas nota-se que as partes inferiores das vigas eram mais reforçadas do que as partes superiores. E os gregos estavam certos em pensar assim, já que o material utilizado na época, a pedra, apresenta uma resistência à compressão muito maior do que à tração, exigindo que a base da viga seja reforçada.

Já na Ilha da Samotrácia (norte do mar Egeu), pode-se perceber um grande avanço sobre o conhecimento de seções transversais e dimensões. Nesse caso, é possível observar um

crescimento gradual na sessão mais solicitada da viga, isto é, na parte central da mesma. Isso mostra que os gregos já tinham uma certa noção sobre diagramas de momento fletor, algo amplamente utilizado nos dias de hoje.

Uma viga notável encontrada na ilha de Samotrácia, ao norte do mar Egeu, com 6 m de comprimento e datada do século IV a.C., demonstra o conhecimento das seções transversais mais efetivas, assim como das vantagens do aumento da altura da viga na sua porção intermediária. (ADDIS, 2009, pág. 17)

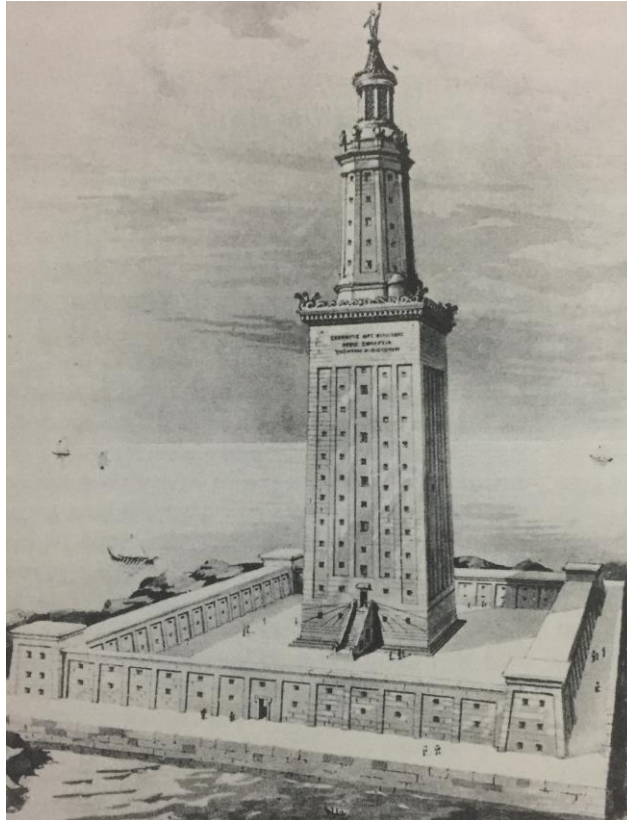
Mas essa noção não era muito utilizada na época, já que para se cortar a madeira ou a rocha de uma maneira em que sua parte central fique maior era necessário muito investimento, tornando essa técnica financeiramente inviável. Com o desenvolvimento de ferramentas e tecnologias ao longo dos anos, a técnica de redução de peso da viga passou a ser muito utilizada, inclusive nos dias de hoje.

Se já havia tal conhecimento, então por que ele não era empregado de forma mais ampla? A resposta provavelmente é de natureza econômica. A madeira e a pedra eram os principais materiais estruturais, e ambos se tornam componentes construtivos ao serem cortados, nos tamanhos adequados, de uma árvore e uma grande rocha, respectivamente. Embora fosse possível continuar a trabalhar os materiais de modo a se obter a forma estrutural mais eficiente e mais leve possível, rapidamente se chegava ao ponto em que os custos adicionais dos trabalhos extras não compensavam os benefícios do desempenho estrutural. (ADDIS, 2009, págs. 17-18)

Um grande marco na época foi a construção do Farol de Alexandria. O farol foi uma das Sete Maravilhas do Mundo Antigo que ostentou o título por mais tempo, sendo o marco de entrada na nova cidade de Alexandria. O farol foi executado em 270 a.C. durante o reinado de Ptolomeu II. O Farol de Alexandria, assim como todos os faróis, servia como uma referência para os navegadores. Mas mais do que isso, o farol era um marco, e mostrava que a nova Alexandria era uma cidade modelo.

Relatos mostram que o farol teve sua estrutura intacta até 1115, mas depois de dois grandes terremotos, o farol foi ao chão em 1326.

Figura 1: Farol da Ilha de Faro, Alexandria, 270 a.C. (ADDIS, Bill, 2009)



Fonte: (ADDIS, 2009)

Como pode-se notar na Figura 1, a construção do farol era constituída por uma torre com mais ou menos 32 metros de altura e 12 metros de diâmetro. No interior da torre eram abrigados os guardiões do farol, responsáveis por manter e reabastecer o fogo que queimava no topo da torre. Durante a noite a luz do fogo servia como guia para os navegadores, já durante o dia o guia era a fumaça causada pelo fogo, tornando possível que os navegadores enxergassem a uma distância de cerca de 60 quilômetros. Sob a torre foi feita uma base que tinha cerca de 32x62 metros, onde foi feita uma rampa que facilitava o transporte de materiais.

A primeira seção era uma edificação de planta baixa quadrada com aproximadamente 32 metros de largura e 65 metros de altura, dentro da qual havia cerca de 50 recintos e uma rampa para o transporte dos materiais de construção, levados por carroças puxadas por cavalos. Sobre essa base, erguia-se uma torre ortogonal com cerca de 32 metros de altura e 12 metros de diâmetro, com uma escadaria que levava até a cúpula, onde a chama queimava e os guardiões do farol viviam e armazenavam o combustível para a fogueira. Dizem que a luz, à noite, ou a fumaça, de dia, produzida pelo farol podia ser vista a uma distância de 60 quilômetros. (ADDIS, 2009, pág. 20)

Essas construções demonstravam grande avanço na engenharia, nas ideias, nas ferramentas e outros campos, mas também existiu o outro lado da moeda. Essas grandes

construções e avanços trouxeram um grande problema para a Grécia, problema esse que é pauta em incontáveis discussões nos dias atuais, os impactos ambientais.

As construções gregas exigiam grandes quantidades de madeira para suas estruturas, e logo as florestas dos arredores passaram a sofrer fortes impactos com a retirada excessiva de árvores. Houve então o surgimento das ecotécnicas. Os gregos perceberam os impactos que estavam causando sobre as florestas e pensaram em alternativas para compensar isso, como a taxação de materiais, por exemplo.

Outra ideia foi a utilização da energia solar (amplamente utilizada para redução de consumo de energia elétrica nos dias de hoje) nas construções. O calor gerado pelo sol era usado na calefação das casas, que era uma das grandes consumidoras de madeira juntamente com navios, fundição de minérios e navios.

3.3 IMPÉRIO ROMANO

Tanto a engenharia quanto a arquitetura tiveram fundamental importância durante o Império Romano, já que as construções eram vistas como uma maneira de mostrar imponência e poder perante às outras civilizações. Com o aumento da importância das grandes construções, a engenharia precisou se reinventar e fazer melhor do que antes. Logo, conclui-se que durante o Império Romano o desenvolvimento das técnicas e ferramentas para construção civil foi grande, aumentando muito o conhecimento nessa área.

Durante os séculos II e I a.C., a engenharia atingiu o nível de desenvolvimento mais fantástico em toda sua história. Apesar de, nos dias de hoje, a tecnologia e a ciência proporcionarem grandes invenções e técnicas, naquela época não tinha nada disso. Os engenheiros desse tempo não contavam com os recursos de hoje, então precisaram ser extremamente criativos no desenvolvimento das construções.

Prova disso é uma famosa obra feita na época, que persiste até os dias de hoje como um dos principais marcos (hoje turísticos) de toda a Europa: o Coliseu. O Coliseu foi finalizado em 80 d.C., possuindo dimensões incríveis de 130x120 metros, podendo receber mais ou menos vinte mil pessoas para assistir aos espetáculos oferecidos no local.

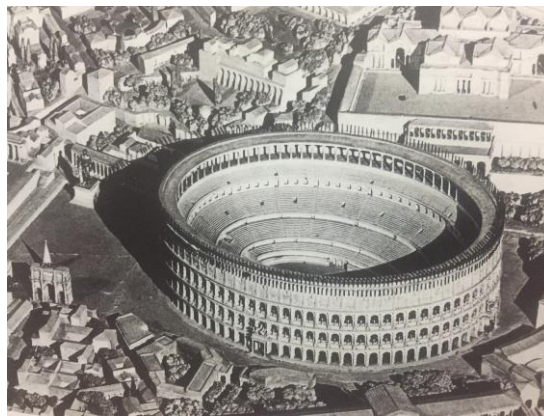
O anfiteatro permanente mais antigo que se conhece na Itália foi concluído por volta de 80 a.C. em Pompéia, oferecendo assentos para 20.000 espectadores em uma edificação que media 133 por 120 metros. (ADDIS, 2009, pág. 46)

Como citado anteriormente, era uma época muito propícia para grandes construções e Vespasiano, ao assumir o poder de Roma em 69 d.C., decidiu iniciar o projeto e construção do

Coliseu, visando oferecer entretenimento para seu povo. Essa política é mundialmente conhecida nos dias de hoje como “política do pão e circo”, na qual o imperador distribuía o pão e o vinho para os espectadores, a fim de ajudar a combater a fome causada pela pobreza da sociedade e também entreter os cidadãos, oferecendo uma distração para que esquecessem, pelo menos por algumas horas, a vida difícil que levavam.

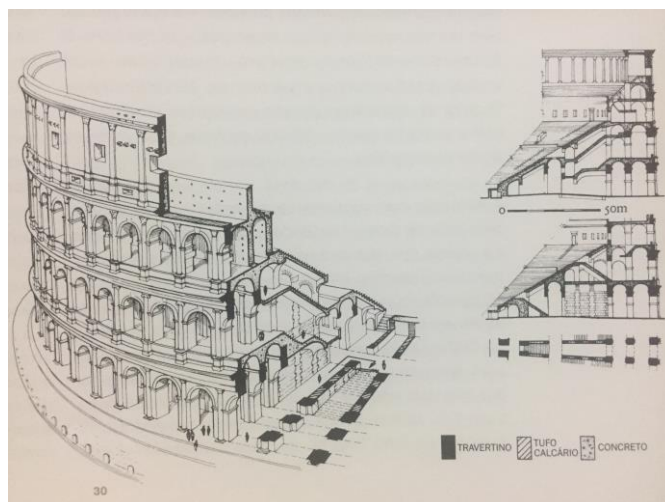
Existiram outras grandes construções durante o Império Romano. Os “anos dourados” na área da construção civil foram durante os reinados de Trajano e Adriano, se caracterizando como Grands Projects (Grandes Projetos). Durante esses anos foram feitas grandes e famosas obras como o Fórum, a Basílica, o Panteon, o Templo de Vênus e Roma, entre outras.

Figura 2: Coliseu visto em uma maquete de reconstrução de Roma antiga



Fonte: (ADDIS, 2009)

Figura 3: Cortes Transversal e Perspectivado Isométrico do Coliseu



Fonte: (ADDIS, 2009)

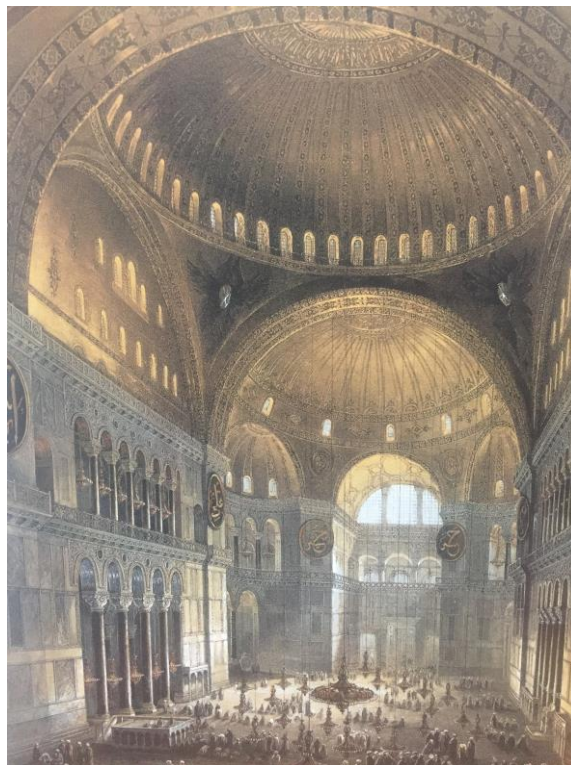
3.4 ERA MEDIEVAL

Devido à expansão do cristianismo nessa época, ocorreu uma explosão de construções de basílicas, fazendo com que elas se tornassem as principais construções. As basílicas rapidamente se espalharam pela Europa e pelo Oriente e se tornaram as prioridades dos imperadores e engenheiros da época. Atualmente as basílicas se sustentam como importantes pontos turísticos da Europa.

Outro ponto interessante sobre as basílicas é a longevidade de suas construções, já que perduram até os dias de hoje. Com inspirações vindas dos castelos medievais, as basílicas tinham objetivos mais simbólicos do que estruturais, mas mesmo assim se mantiveram em pé por muito mais tempo do que os castelos, além de utilizar mais a luz solar em seu interior.

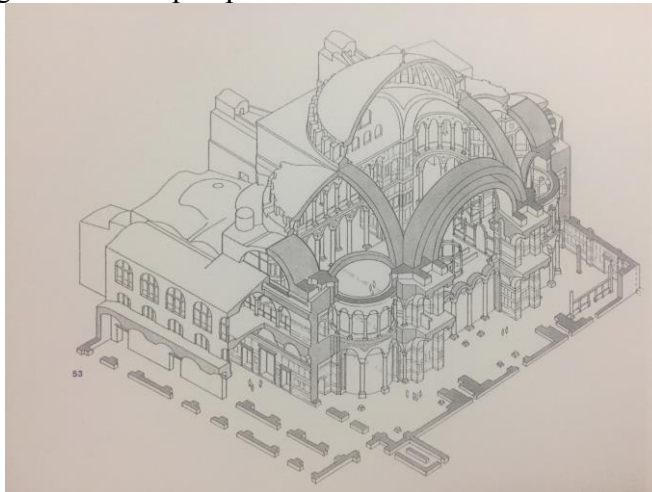
Um bom exemplo da grandeza dessas construções é a Catedral de Santa Sofia. A Catedral começou a ser projetada em 532 d.C. e teve sua construção finalizada em 537 d.C. A igreja tinha em sua composição três naves, sendo que seu principal sistema estrutural era sua cúpula. Com uma altura de 55 metros e composição de alvenaria, apresentava ainda um vão de 30 metros. Já a parte central da catedral tem cerca de 76 metros de comprimento.

Figura 4: Interior de Santa Sofia, Constantinopla, após a restauração de 1849



Fonte: (ADDIS, 2009)

Figura 5: Corte perspectivado isométrico de Santa Sofia



Fonte: (ADDIS, 2009)

3.5 RENASCIMENTO

O período conhecido como “Renascimento” teve início na Itália por volta do ano de 1400, perdurando até cerca de 1630. Um de seus principais ideais é a volta do humanismo na arte. Com o patrocínio dos importantes comerciantes da época, os artistas e pensadores passaram a fazer cada vez mais obras e pinturas com mais inovações, produzindo grandes sucessos e provando sua importância para os comerciantes. Com isso, o mecenato das artes passou a ser acompanhado pelo luxo.

Devido ao importante crescimento comercial ocorrido ao longo do Mar Mediterrâneo, foi necessário um investimento na construção de portos, canais e baías para facilitar o transporte das mercadorias entre as importantes áreas comerciais da época. Foram feitos inúmeros canais para ligar os rios, causando uma grande ramificação das vias aquáticas. Um bom exemplo disso é Veneza. Hoje em dia Veneza é considerada um ponto turístico famoso por seus passeios românticos em suas águas, mas antigamente era um importante centro comercial que foi erguido sobre canais marítimos.

Mesmo com o surgimento dos grandes canais, as principais obras da época ainda eram as basílicas, já que o poder da Igreja ainda era enorme. As construções mantiveram seus padrões de tamanho e imponência a fim de continuar demonstrando sua força e sua influência na sociedade. Mas coisas novas surgiram, agora as basílicas passaram a ter pinturas e decorações distintas de como eram na idade média e o homem passou a ser o centro das atenções na arte, sendo representado em forma de santos. Esses novos detalhes podiam ser explicitamente vistos nos vitrôs e nas pinturas que cobriam as basílicas.

Um grande exemplo dessas construções é o mosteiro de El Escorial, na Espanha. Localizada a cerca de 49 quilômetros de Madri, a cidade de San Lorenzo de El Escorial recebeu essa construção em 1557, quando o rei Felipe II decidiu realizar essa obra para comemorar um triunfo sobre a França na batalha de San Quintín.

Figura 6: Monastério Real de San Lorenzo de El Escorial



Fonte: (ADDIS, 2009)

Como pode-se notar na Figura 6, o mosteiro seguiu as tendências da época, se mostrando uma construção grandiosa e imponente, possuindo ainda uma enorme escadaria, sendo a primeira feita em um palácio. Mas a inovação mostrada no mosteiro foi a técnica chamada de “estereotomia”, utilizada a fim de tornar a construção mais rápida. A estereotomia nada mais é do que uma técnica que visa dividir, cortar e colocar com rigor os materiais de construção, principalmente na execução de paredes. Havia um meticuloso cálculo feito para se verificar a geometria das pedras e os desenhos das mesmas para que os pedreiros pudessem trabalhar em várias pedras ao mesmo tempo. Para que essa técnica fosse executada com sucesso, era necessário um grande conhecimento matemático e muito planejamento prévio, aspectos raríssimos para a época.

Figura 7: Abóbada abaulada cobrindo um vão de 8 metros de diâmetro



Fonte: (ADDIS, 2009)

A figura 7 mostra outro aspecto a ser destacado. A abóbada de alvenaria na forma quadrada, possuindo lados de 8 metros, presente na entrada da capela do mosteiro, é também utilizada como piso para a capela que fica localizada acima dela.

A deformação elástica é facilmente percebida por quem caminha sobre a estrutura, já que possui apenas 28 centímetros de espessura e existe uma grande pressão na alvenaria.

A própria abóbada tem apenas 28 cm de espessura em sua maior parte, e as pressões na alvenaria são tão altas que a deformação elástica da estrutura da pedra é de fato perceptível. Alguém que caminhe sobre a abóbada pode perceber a deflexão elástica, como se o piso fosse sustentado por vigas de madeira. (ADDIS, 2009, pág. 153)

3.6 ILUMINISMO

O iluminismo é conhecido como um dos principais marcos da história, sendo relacionado à grande perda de influência e poder da Itália. A hegemonia italiana sobre o comércio e as navegações já não era a mesma de outrora, e aos poucos a Itália foi vendo seu poder desaparecendo, perdendo também seu domínio sobre os outros países. O país que passou a ter destaque na época foi a Inglaterra, que ganhou notoriedade após seu crescimento devido ao uso de máquinas movidas à carvão e também por causa da Revolução Industrial. Por ser um país predominantemente protestante, o poder da Igreja diminuiu, dando origem ao Iluminismo. Através do Iluminismo surgiram dúvidas sobre a Igreja, surgindo inclusive pessoas que negavam a Igreja. Dessa forma, o ser humano se permitiu explorar e desenvolver outras áreas, como outras formas de arte, política e da ciência, finalmente “livre” dos dogmas da Igreja.

Na área da engenharia civil, novas técnicas foram pensadas a fim de se estudar a resistência dos materiais. Uma teoria “simples” foi explicada na época por Galileu Galilei: Galileu explicou a razão pela qual um graveto é partido ao meio quando recebe uma força de flexão. Isso serve como base até os dias de hoje, explicando boa parte das teorias relacionadas à resistência dos materiais. Além disso, Galileu também foi o primeiro a saber distinguir a resistência de um material específico da resistência de algum objeto feito com esse material e, a partir disso, pôde-se desenvolver teorias e raciocínios sobre tensão ao invés de força, como era feito até então.

Outro passo dado na época foi o crescimento das indústrias e máquinas. Essa evolução permitiu o amplo uso do ferro nas construções, já que o ferro é um material facilmente moldado conforme a necessidade, além das vantagens oferecidas com relação à resistência.

Grande centro da Revolução Industrial, a Inglaterra foi também um grande centro das construções. Um de seus principais nomes foi Christopher Wren, que incorporava a razão e o iluminismo em suas construções. Sua construção mais famosa é a Saint Paul's Cathedral, obra responsável por fazer com que Wren seja considerado até os dias de hoje o arquiteto mais talentoso da Inglaterra.

A catedral é considerada um marco na história das construções, já que foi em sua execução que foi datado o uso de ferro fundido pela primeira vez na balaústra em torno da catedral.

Figura 8: Saint Paul's Cathedral



Fonte: (ADDIS, 2009)

Essa construção expõe o vasto conhecimento de Wren no campo de estruturas, já que na catedral é possível observar o uso da engenharia estrutural nas três dimensões, fato visível na Figura 8. Além disso, Wren tinha um grande senso de arquiteto, já que observou a proporção necessária para transferir uma tonelada da lanterna de pedra em toda a extensão estrutural da catedral. Existem três camadas na cúpula, sendo que a mais interna é formada por uma casca de tijolo com decoração de afrescos, a interposta é feita de uma alvenaria projetada para suportar os esforços provenientes da lanterna de pedra, e a externa é feita de uma leve estrutura de madeira.

3.7 A EDIFICAÇÃO MODERNA E SEU SURGIMENTO

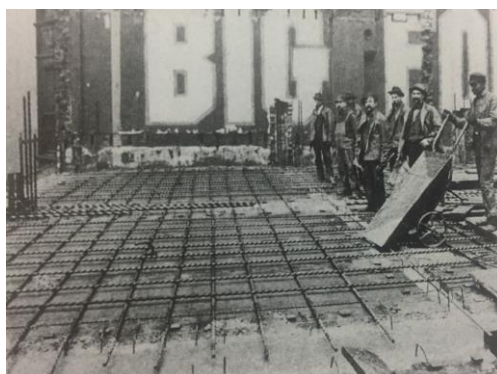
Entre os anos de 1860 e 1920 pôde-se notar o surgimento da edificação moderna, isso é, da concepção de edificação conhecida hoje. Durante esse período foram desenvolvidos métodos de execução, conceitos e materiais que são utilizados até os dias atuais. Um bom exemplo disso foi o início do uso de estruturas de ferro e aço, que foi amplamente utilizada na

época por fatores como a grande produção desses materiais e também a necessidade de seu uso nas estações ferroviárias, já que o trem era o meio de transporte de produtos mais usado.

Nessa época também surgiram as construções à prova de fogo. Devido à necessidade de proteger as edificações dos efeitos das chamas, os engenheiros começaram a se preocupar em descobrir e desenvolver materiais e técnicas para antever e também evitar o colapso estrutural da edificação, como por exemplo, o piso à prova de fogo.

Entretanto, a grande inovação dessa época foi o surgimento do concreto armado. Vigas, pilares e estruturas de piso de concreto armado surgiram na década de 1880, e são amplamente utilizadas até os dias de hoje. As primeiras firmas a utilizar essa técnica, Wayss and Freytag e a firma de François Hennebique, idealizaram a construção de um arcabouço totalmente feito de concreto armado. Suas estacas, vigas, lajes, pilares, fachadas e cobertura foram todas executadas com concreto armado. Mas o fato que fez com que essas firmas fossem as pioneiras nesse campo foi a vigorosa pesquisa feita sobre o assunto, que depois se espalhou por todo o mundo e se tornou fundamental no campo de engenharia civil e construções.

Figura 9: Piso de concreto armado do Ingalls Building



Fonte: (ADDIS, 2009)

Figura 10: Exterior do Ingalls Building



Fonte: (ADDIS, 2009)

Com o grande crescimento do uso de concreto armado nas estruturas foi possível executar edificações com cada vez mais pavimentos, já que o concreto armado permitiu aumentar a resistência das lajes, dos pilares e das vigas. Logo, os engenheiros e arquitetos passaram a ter mais liberdade para projetar e executar edificações cada vez mais altas. Com isso, em 1903, surgiu o primeiro arranha-céu de concreto armado da história, o Ingalls Building, localizado na cidade de Cincinnati, nos Estados Unidos. O Ingalls Building foi construído com 16 pavimentos, possuindo uma altura total de 65 metros. Pode-se ver na Figura 9 o uso do concreto armado para a execução do piso do prédio, mostrando um procedimento pioneiro que passou a ser utilizado mundialmente.

Com essa grande revolução no ramo de construções, todos os setores passaram a utilizar o concreto armado. Logo, era necessário um estudo mais aprofundado sobre o dimensionamento de pilares, vigas e fundações com esse novo material. Com o tempo, o cálculo estrutural foi sendo desenvolvido e estruturado até chegar aos procedimentos atuais.

3.8 O SURGIMENTO DA ENGENHARIA DE EDIFICAÇÕES

Com o surgimento do primeiro arranha-céu em Cincinnati, o número de prédios nos Estados Unidos, na Europa e inclusive no Brasil passou a aumentar em grande escala entre as décadas de 1920 e 1960. A construção de arranha-céus passou a ser cada vez mais comum, já que sua execução era cada vez mais rápida e havia o uso de grandes tecnologias em construções com sistema estrutural de aço. O exemplo mais famoso do uso da tecnologia e do conceito de arranha-céu nessa época é o Empire State Building, uma edificação de 102 pavimentos finalizado em 1931, e que foi por durante quase 40 anos o prédio mais alto do mundo, possuindo incríveis 381 metros de altura.

Figura 11: Empire State Building



Fonte: (ADDIS, 2009)

Devido ao enorme crescimento e propagação das tecnologias e à rapidez com que as obras estavam sendo executadas, se tornou cada vez mais necessário que houvessem engenheiros responsáveis pelas mesmas. Até então, os responsáveis por acompanhar a execução das obras eram os arquitetos, mas surgiu a necessidade de os engenheiros também acompanharem, formando uma espécie de parceria com os arquitetos. Foi aí que surgiu a chamada engenharia de edificações, isso é, a engenharia passou a conduzir as obras e administrar a qualidade, execução e também a resolver o mais rápido possível os problemas que surgiam em campo.

Diversas coisas passaram a ser fundamentais para a realização da obra, como o projeto e o conhecimento técnico em todas as áreas da engenharia civil, como por exemplo a geotecnia e o cálculo estrutural e o conhecimento de técnicas construtivas e materiais que serão utilizados na obra. Ou seja, o conceito de projeto consolidou a parceria entre a arquitetura e engenharia, pois ambos passaram a colaborar com seus conhecimentos durante a concepção do mesmo, principalmente se for um projeto complexo. Com a colaboração mútua da arquitetura e da engenharia, surgiram grandes investimentos para aperfeiçoar a parte científica, a fim de viabilizar os desejos dos grandes investidores e também dos políticos.

[...] a inauguração da firma Arup Associates em 1963, com equipes de projeto que incluíam engenheiros de diferentes áreas e arquitetos, responsáveis por projetos de construção integrados como um todo. (ADDIS, Bill, 2009, pág. 508)

3.9 AS CONSTRUÇÕES ATUAIS: A INFORMÁTICA, A SUSTENTABILIDADE E A ENGENHARIA NOS ESPORTES

Durante a década de 1960, a informática se mostrou um grande parceiro das indústrias, e isso não poderia ser diferente no campo da construção civil. Com os computadores ficou muito mais fácil e rápido executar cálculos, desenvolver projetos e idealizar o futuro da obra durante sua execução. Desde então, inúmeros softwares foram desenvolvidos para facilitar e agilizar os procedimentos em uma obra, seja para o uso de uma simples planilha ou até mesmo para o cálculo de esforços em uma estrutura. Nos últimos anos, com o grande desenvolvimento dos *smartphones*, até aplicativos de celular passaram a ser desenvolvidos para ajudar no cotidiano dentro de uma obra.

O programa mais famoso utilizado hoje em dia é o AutoCAD, amplamente utilizado em todas as engenharias para projetos e desenhos. Segundo Souza, Rohleder, Speck, Schiedt, Silva e Gómez (2005), o AutoCAD é enquadrado como uma ferramenta gráfica suportada por computadores com o objetivo de desenvolver e gerar projetos e desenhos aplicados a diversas

áreas da engenharia, arquitetura e outros campos, disponibilizando comandos e ambientes para a representação gráfica com elevado grau de precisão e recursos visuais estáticos e dinâmicos que possibilitam o controle do processo de desenvolvimento. O AutoCAD permite que se obtenha um desenho 100% exato, tanto em dimensões como em escala e, além disso, facilita o transporte e manuseio do projeto, já que em vez de se carregar e manusear inúmeras folhas, o usuário precisa apenas de seu computador, onde pode ter inúmeros projetos salvos para visualização imediata. Outra vantagem do AutoCAD é a facilidade de se modificar o projeto caso necessário. Já no setor de gerenciamento da obra, um programa muito utilizado é o Microsoft Office Project, que permite um acompanhamento mais prático da obra em todos os seus estágios, iniciando no planejamento (orçamento, cronogramas, etc) até sua execução. Além disso, é possível atualizar os dados da obra, como o cronograma, por exemplo.

Além dos programas, foram criadas plataformas *online*, onde as obras de uma determinada empresa se conectam ao escritório central. Dessa maneira é possível enviar dados e comunicados para o escritório de maneira dinâmica e eficiente. Essas plataformas podem ser utilizadas para passar uma lista de solicitação de materiais ou para atualizar algum dado ou a situação da obra, por exemplo. Assim é possível que os responsáveis pela empresa acompanhem diversas obras sem precisar se locomover até elas, economizando tempo e dinheiro.

Há a plataforma *Building Information Modeling* (BIM), que vem se mostrando muito importante e sendo cada vez mais usada no setor da construção civil. Segundo Kassem e Amorim (2015), a plataforma BIM traz vantagens como a mitigação de riscos, transparência na informação entre contratante e contratado, planejamento mais eficiente, agilidade no replanejamento, foco na engenharia e a melhoria na eficiência de suprimento.

BIM (Building Information Modeling) são softwares de bases de dados, em formato digital, de todos os aspectos a considerar na edificação de um projeto, permitindo a criação de um modelo visual 3D e facilitando a visualização do resultado final do projeto em estudo. (CARDOSO; MAIA; SANTOS; NEVES; MARTINS, 2013, p. 3)

Quando implementado de maneira apropriada, o BIM facilita o processo de projeto e construção mais integrado que resulta em construções de melhor qualidade com custo e prazo reduzidos. (EASTMAN, 2014, apud MIRANDA, MATOS, 2015, p.24)

Com o desenvolvimento da tecnologia e dos computadores, era natural que a engenharia e a arquitetura pudessem executar cálculos e obras cada vez maiores e mais complexas. Com isso aumentou-se a facilidade em vencer grandes vãos e executar obras com dimensões cada vez maiores. Com a modernização do mundo, o entretenimento também ganhou muito espaço, e a engenharia está intimamente ligada com isso. Um exemplo disso é o

futebol, esporte no qual o Brasil recentemente recebeu a Copa do Mundo e também os Jogos Olímpicos. Com a necessidade de receber públicos maiores e também de oferecer mais conforto e modernidade para o mesmo, haviam duas opções: transformar “estádios” já construídos em “arenas”, através de grandes reformas, ou construir novas arenas do zero. Com isso, novos materiais e técnicas passaram a ser desenvolvidos e utilizados nas reformas e construções, a fim de dar o melhor em infraestrutura para o público.

Mas eventos desse porte não acontecem apenas no Brasil, tanto a Copa do Mundo quanto os Jogos Olímpicos ocorrem em intervalos de quatro anos, em diferentes lugares do mundo, então é justo salientar grandes construções executadas para esses eventos. Um grande exemplo disso é o Centro de Ginástica construído para os Jogos Olímpicos de Seul, Coréia do Sul, em 1988. Esse ginásio possui 120 metros de diâmetro e uma ostentosa cobertura. É importante destacar que na década de 1980 a tecnologia já havia se desenvolvido muito, mas ainda assim não havia a mesma tecnologia que existe hoje, o que tornou sua execução muito complicada na época.

Uma característica particularmente engenhosa da cúpula de cabos é que ela pode ser construída sem o auxílio de um sistema de içamento especial: basta fixar os cabos da circunferência um de cada vez, a partir do centro. A membrana que cobre a cúpula de cabos não é parte de seu sistema estrutural. (ADDIS, 2009, pág. 581)

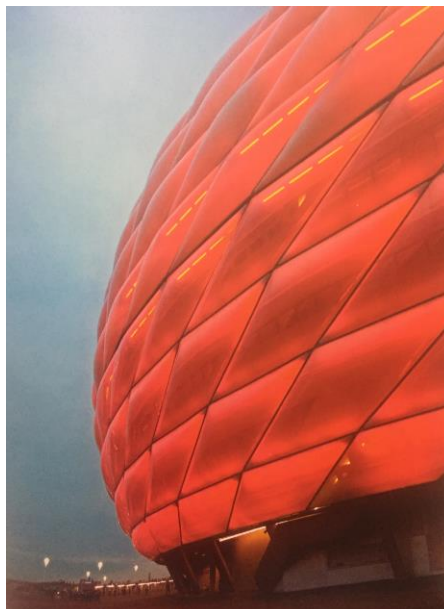
Figura 12: Centro de Ginástica de Seul



Fonte: (ADDIS, 2009)

Outra construção que merece ser citada é a Allianz Arena. Famosa entre os fãs de futebol, a Allianz Arena está localizada na cidade de Munique, e hoje sedia os jogos de dois times da cidade, o FC Bayern de Munique e o TSV 1860 Munique. Construída para a Copa do Mundo de 2006 e utilizada para o jogo de abertura da Copa, a arena pode receber até 71 mil espectadores sentados.

Figura 13: Detalhe da fachada da Allianz Arena



Fonte: (ADDIS, 2009)

O maior diferencial da arena é sua iluminação externa. Sua fachada externa é composta de quase três mil almofadas de etileno tetrafluoretileno, o que dá um aspecto esportivo à arena por lembrar os gomos de uma bola de futebol, e essa fachada é inteira iluminada e muda de cor conforme a ocasião. Quando o FC Bayern de Munique sedia um jogo, o estádio fica todo vermelho, como pode ser visto na Figura 13, já quando o TSV 1860 Munique joga, o estádio fica azul. Quando ocorre uma partida entre as duas equipes, a Arena fica das duas cores, e quando a seleção da Alemanha joga, o estádio fica branco. Essa nova tecnologia para as construções é um ótimo exemplo de como é possível embelezar e inovar muito nos dias de hoje utilizando a iluminação, mas também é um grande exemplo de uma tecnologia que ainda é muito cara para os padrões atuais.

Outro fato importantíssimo a ser citado no que se refere às construções atuais é a preocupação com a natureza e com o planeta. As construções sustentáveis passaram a conter materiais menos nocivos ao meio ambiente e também a reutilizar entulhos gerados na própria obra. O uso de baias de reciclagem de materiais, materiais descartáveis e maquinários e técnicas mais sustentavelmente eficientes diminuiu muito a geração de lixo e entulho e também passou a evitar o desperdício. Dessa maneira, os responsáveis pelas obras perceberam que os gastos começaram a diminuir e concluíram que o processo de retrabalho era a maior

origem de gastos exagerados durante a execução da obra. Assim, a fiscalização da qualidade do serviço e dos materiais passou a ter mais importância no dia-a-dia da obra e os setores de produção e almoxarifado ganharam importância. Além disso, passou a ser exigido que os materiais utilizados tivessem o selo de qualidade, comprovando sua baixa nocividade ao meio ambiente. Graças aos fatos que foram citados e também à crescente cobrança da população mundial, a engenharia “abriu os olhos” e passou a exigir a sustentabilidade como um dos pilares nas construções.

4 A HISTÓRIA DAS FERRAMENTAS

Para apresentar e explicar as novas e modernas técnicas e ferramentas na construção civil, é preciso primeiro explicar as suas origens, como elas foram concebidas e em quais situações elas eram utilizadas. As ferramentas utilizadas atualmente, tanto na construção civil quanto no dia a dia, foram pensadas e feitas por nossos antepassados milhares de anos atrás. Quando o homem deixou de ser nômade e passou a se fixar em um lugar, adotando o sedentarismo, surgiu a necessidade do uso de ferramentas para que pudesse realizar suas tarefas diárias, como cuidar dos seus animais, terras e casa. O que havia antes era uma intensa exploração dos recursos da natureza, mas com esse desenvolvimento, surgiu uma relação de benefício mútuo entre o homem e a terra. Se o homem cuidasse bem de seus animais e suas terras, maior seria os benefícios que eles trariam de volta. Para facilitar e otimizar o seu trabalho, o homem passou a construir ferramentas para auxiliá-lo, e essas ferramentas permitiram que trabalhos que antes eram manuais e pesados passassem a ser executados em menos tempo e com menos esforço.

Figura 14: Ferramentas na Idade da Pedra



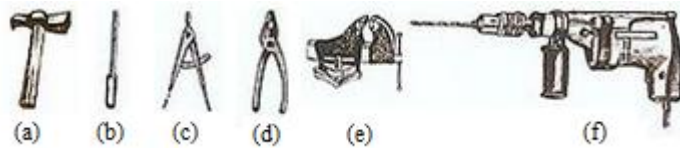
Fonte: (SEMAR, 2016)

As primeiras ferramentas que surgiram foram feitas de pedra (dando origem ao termo “Idade da Pedra”), e para chegar ao resultado final, o homem as lascava até que ficassem no formato e no tamanho necessários para realizar o trabalho. Algumas delas podem ser vistas na figura 14. As ferramentas feitas na época tinham em média de 40 centímetros a 1 metro de comprimento. Algumas ferramentas feitas na época deram origem às outras que utilizamos hoje em dia, como o martelo e a chave inglesa, por exemplo.

Contudo, apenas depois de muito tempo as ferramentas começaram a evoluir a ponto de serem parecidas com as que usamos atualmente. Por volta de mil e duzentos anos atrás, iniciou-se a Idade dos Metais. Esse período foi o que provocou as mudanças mais significativas nas ferramentas que o homem possuía e utilizava até então. Com a obtenção do domínio, manuseio, fundição e tratamento do ferro, o homem tinha agora a chance de construir ferramentas melhores nos quesitos de eficiência, resistência e também precisão para os trabalhos que executava. Dessa maneira, houve uma variação das ferramentas, e assim cada

ferramenta passou a ter usos mais específicos. Além disso, com a facilidade de moldar o ferro, houve o surgimento de novas ferramentas, facilitando outros serviços que o homem fazia manualmente e requeriam força física. Algumas dessas ferramentas são utilizadas até hoje e podem ser observadas na Figura 15.

Figura 15: Ferramentas surgidas após a Idade dos Metais (a) martelo, (b) chave de fenda, (c) compasso, (d) alicate, (e) morsa e (f) furadeira com broca



Fonte: (SEMAR, 2016)

Pode-se afirmar que a Idade dos Metais revolucionou a vida do homem, já que foi a partir desse período que o ferro passou a ser utilizado pelo mesmo. Porém isso era apenas o início dessa revolução, já que foi após ela que surgiu algo fundamental nos dias atuais: o motor. As ferramentas, apesar de terem facilitado muito a vida do ser humano, não trabalhavam sozinhas, elas precisavam de um ser humano controlando-as o tempo todo, e isso ainda requeria tempo e esforço. Com o surgimento do motor, o trabalho passou a ser menos cansativo e também mais eficiente, já que o motor faz toda a força necessária para que as ferramentas funcionem da maneira correta. O surgimento do motor se deu por volta de 200 anos atrás, e com a grande modernização do mundo nesses últimos séculos, ele foi aperfeiçoado com o tempo, assim como as ferramentas utilizadas. Segundo Varella, W. Cecil desenvolveu um motor de combustão em 1821. Cecil utilizou uma mistura de ar e hidrogênio, e esse foi o primeiro motor a funcionar com sucesso.

Uma das grandes facilidades geradas pela constante modernização do mundo foi a portabilidade das ferramentas. Cada vez mais as ferramentas apresentam dimensões menores, facilitando o manuseio e transporte das mesmas. Além disso, com a crescente expansão da tecnologia, as ferramentas ficam cada vez mais precisas e eficientes. Três exemplos dessas ferramentas na construção civil são a furadeira, a betoneira e o caminhão bomba de concreto.

É difícil imaginar como um simples furo era feito de maneira correta numa parede, já que agora isso é uma tarefa simples, rápida e fácil de executar com uma furadeira simples. Já antes da betoneira, o trabalhador precisava passar o dia mexendo a massa com uma enxada e as costas arqueadas, causando muito cansaço e dor. Isso mudou com a betoneira, já que agora tudo o que o trabalhador precisa fazer é jogar os componentes do concreto dentro dela e

esperar a mistura ficar na consistência desejada. Com relação ao caminhão bomba, é difícil imaginar que hoje um trabalhador vá subir andares de uma construção carregando o concreto utilizando apenas sua força física, mas é exatamente o que acontecia antes. Com o surgimento do caminhão bomba, essa tarefa se tornou mais simples, já que o concreto é transportado através de uma grande mangueira que sai do próprio caminhão.

Figura 16: Furadeira



Fonte: (BOSCH, 2016)

Figura 17: Betoneira



Fonte: (CSM, 2016)

Figura 18: Caminhão bomba



Fonte: (Usina Mix, 2016)

Se as ferramentas forem pensadas de forma individual, é possível perceber, de uma maneira mais clara, o desenvolvimento das técnicas e da tecnologia utilizada nelas. Com isso, existem ferramentas que passaram por grandes modificações ao longo dos anos, melhorando sua performance e eficiência e se tornando mais compactas. Um exemplo disso é o carrinho de mão, sua primeira concepção era de um carrinho com duas rodas grandes feitas de ferro, o que fazia com que suas dimensões fossem muito grandes para que se movimentasse com facilidade pelo canteiro de obras. O atual carrinho de mão é fabricado com materiais mais leves e tem apenas uma roda menor de borracha na parte da frente, tornando-o mais rápido e facilitando sua mobilidade, fazendo com que o carrinho de mão se tornasse indispensável em qualquer obra. As diferenças entre os dois tipos de carrinho podem ser vistas na Figura 19.

Figura 19: Evolução do carrinho de mão



Fonte: (Equipe de Obra, 2008)

Outro exemplo de tal evolução é a chave inglesa, quando surgiu, a chave inglesa tinha um tamanho relativamente grande se comparada à ferramenta atual, e conseqüentemente também era mais pesada do que hoje, já que na época era feita apenas com ferro fundido. Hoje a chave inglesa é feita com o aço de carbono, tornando-a muito mais leve, facilitando seu manuseio e aumentando sua precisão e eficiência, conforme pode ser visto na Figura 20.

Figura 20: Evolução da chave inglesa



Fonte: (Equipe de Obra, 2008)

Já o maçarico antigo, além de ter grandes dimensões e um difícil manuseio, também era perigoso, já que o líquido inflamável ficava no tonel que ficava junto ao instrumento. O maçarico atual agora nada mais é do que um tubo conectado a um botijão de gás, o que o torna muito mais leve e principalmente seguro, já que existe uma válvula em sua conexão com o botijão. O antes e depois do maçarico pode ser visto na Figura 21.

Figura 21: Evolução do maçarico



Fonte: (Equipe de Obra, 2008)

Outra ferramenta amplamente utilizada na construção civil é a trena, que antes era feita com couro e tinha uma manivela que executava o movimento de sua fita metálica, e agora é feita de plástico e possui uma fita interna tão leve quanto a parte externa. Além disso, foi adicionada a função retrátil da fita, o que facilita seu recolhimento. A trena agora é de fácil manuseio, portabilidade e transporte, cabendo até no bolso de uma calça. Outra novidade é a trena digital, que calcula a distância sem a necessidade de fitas metálicas, utilizando apenas um sensor que calcula automaticamente a distância até a próxima parede. As três trenas podem ser vistas na Figura 22.

Figura 22: Evolução da trena

Trenas**Antes**

O modelo antigo era de couro, e o trabalhador tinha que girar a manivela central para trazer a fita de volta.

**Depois**

Existem as trenas comuns retráteis, as trenas digitais e o medidor de distância digital.



Fonte: (Equipe de Obra, 2008)

5 NOVAS FERRAMENTAS

Como já foi citado anteriormente, o crescente desenvolvimento da tecnologia também está presente na construção civil. A necessidade de ferramentas melhores e mais eficientes, de uma execução rápida das obras, de um aumento no padrão de qualidade das mesmas e da diminuição de resíduos provocou o surgimento de muitas ferramentas novas. Além disso, a “atualização” dessas ferramentas é constante e cada vez mais rápida, provocando o aparecimento de mais e mais ferramentas. A concorrência entre os fabricantes também alimenta essa constante atualização, já que uma busca sempre superar a outra com inovações em suas ferramentas, além de batalhar para manter o melhor preço. E isso tudo faz muito bem ao setor da construção civil, já que, com essas inovações, o andamento e a execução das obras se tornam cada vez mais fáceis e rápidas e atingem padrões de qualidade cada vez mais altos, além de facilitar a vida dos trabalhadores da obra.

A primeira ferramenta a ser citada é a perna mecânica. Essa ferramenta está sendo amplamente utilizada atualmente nas grandes construções, e seu uso facilita muito a vida dos trabalhadores. A perna mecânica ainda não é tão valorizada no cotidiano de uma obra, talvez por ser uma ferramenta de dimensões relativamente pequenas e uma aparência simples. Mas ao utilizar essa ferramenta, o trabalhador alcança uma altura equivalente à altura que teria ao subir em um andaime, mas com a vantagem de poder se movimentar livremente pela obra e de não perder tempo e energia montando e desmontando os andaimes sempre que necessário. Dessa maneira, o trabalho passa a ser mais fácil, pois o trabalhador ganha em mobilidade e rapidez. Para os trabalhos internos, como pintura ou revestimento com peças cerâmicas por exemplo, a perna mecânica se mostra um grande aliado do trabalhador. Outra grande vantagem da perna mecânica é seu baixo custo. Se comparado ao preço pago pelo aluguel ou compra de andaimes, o custo da perna mecânica acaba compensando por ser relativamente baixo. A tendência é que o uso dessa ferramenta seja amplamente difundido na construção civil, tendo em vista que seu uso é simples e basta apenas um pequeno treinamento para que os trabalhadores possam utilizá-la. Na Figura 23 é possível observar um trabalhador fazendo o uso das pernas mecânicas. Nota-se a facilidade de locomoção do mesmo no ambiente, não havendo a necessidade de montagem e desmontagem de andaimes para a execução dos serviços.

Figura 23: Trabalhador utilizando a perna mecânica



Fonte: (Cimento Itambé, 2015)

Já em outro setor da construção, a pintura, o surgimento de novas técnicas e tecnologias é ainda maior. Antes do surgimento dessas máquinas o trabalho era feito inteiramente de maneira manual, o que acarretava em um trabalho mais lento e difícil de ser executado. Com essas novas máquinas, o pintor passou a ter mais agilidade em seu serviço, além de executá-lo de maneira mais simples e eficiente, proporcionando uma pintura de maior qualidade. Uma dessas máquinas é a pistola de tinta, que fica acoplada à um compressor à ar. Essa pistola permite ao pintor executar seu serviço sem que haja a necessidade de utilizar os clássicos rolos de pintura. A facilidade proporcionada pelo uso da pistola se dá pelo fato de que as únicas pausas feitas pelo pintor são para que ele encha o reservatório de tinta da pistola. Para usá-la, basta instalar a pistola corretamente e conectar o compressor à energia elétrica, e a pintura é feita de maneira simples: tudo o que o pintor precisa fazer é direcionar a pistola na parede e apertar o gatilho, o compressor faz a pressão necessária para a tinta se fixar na parede. Com o uso da pistola, o esforço do pintor fica muito menor. A pistola é ainda mais eficiente em ambientes fechados, como o interior de casas ou apartamentos, já que com sua pressão é possível pintar até mesmo os cantos e teto sem que haja a necessidade do uso de escadas ou andaimes.

Figura 24: Pistola de pintura em ação



Fonte: (Leroy Merlin, 2016)

Um outro exemplo de máquinas que ajudam na pintura é a lixadeira elétrica. Uma das fases da pintura de uma parede é lixar toda sua superfície, o que é extremamente trabalhoso se for feito de maneira manual, exigindo muito do físico do pintor, pois é um trabalho longo e que necessita de muita força da parte do pintor ao pressionar a lixa na parede, executando movimentos circulares em toda a superfície da parede. Com a lixadeira elétrica, esse esforço diminui, já que ela executa esse mesmo processo com a ajuda de um motor. Para utilizar a lixadeira, basta que o trabalhador ligue a mesma na tomada e encoste a base giratória na parede. Com isso, o trabalhador precisa apenas mover a lixadeira de modo que ela passe por toda a parede, fazendo o mesmo serviço, mas facilitando seu trabalho de maneira que fique menos cansado e termine seu serviço em menos tempo.

Figura 25: Lixadeira Elétrica



Fonte: (Makita, 2016)

Já na fase de execução da alvenaria estrutural, uma das novidades é o chamado “gabarito de aço”. Essa ferramenta faz com que essa fase da obra seja executada de maneira mais rápida e mais fácil, permitindo uma otimização da execução dos vãos destinados às janelas e portas. Além disso, uma outra vantagem é que esses gabaritos podem ser regulados de acordo com as dimensões do projeto, ou seja, podem ser utilizados inúmeras vezes. Depois de regular o gabarito com as dimensões desejadas, o trabalhador o encaixa na posição onde ficará a porta ou janela, prestando atenção no prumo, e então a alvenaria pode ser executada. Os blocos estruturais ou de vedação vão sendo colocados até que haja o contato com o gabarito. O gabarito de aço é um exemplo de uma ferramenta relativamente barata e que otimiza o dia a dia na obra, tornando-a mais rápida e com um maior padrão de qualidade. Nas Figuras 26 e 27 é possível ver o uso dos gabaritos para janelas e para portas.

Figura 26: Gabarito de aço para janelas



Fonte: (Equipe de Obra, 2012)

Figura 27: Gabarito de aço para portas



Fonte: (EJOTA, 2014)

6 A INDUSTRIALIZAÇÃO DAS CONSTRUÇÕES

O conceito de construções industrializadas surgiu na Europa há uns anos atrás e vem sendo trazido aos poucos para o Brasil. A ideia é basicamente inserir e utilizar cada vez mais máquinas e ferramentas que podem substituir o trabalho braçal com o intuito de agilizar a execução da obra, além de facilitar a atividade e proporcionar um maior padrão de qualidade para a obra. Com o surgimento e com a utilização dessas máquinas, as construções enfim começaram a apresentar prazos cada vez menores para a conclusão e entrega dos empreendimentos.

Isso tudo só passou a ser possível graças ao enorme desenvolvimento tecnológico nas últimas décadas. Com o desenvolvimento dos pistões hidráulicos e da programação feita através de computadores, as máquinas finalmente passaram a ter a capacidade de realizar os movimentos necessários, efetuando seu trabalho de maneira cada vez mais eficiente e inovadora.

Outra vantagem proporcionada pela industrialização das construções foi o surgimento das construções pré-moldadas. O conceito de pré-moldado é simples: as indústrias recebem o projeto em mãos e fabricam as peças separadamente, seguindo cada dado do projeto, e depois enviam as peças para o local da construção para que elas possam ser encaixadas, sendo uma analogia do famoso brinquedo Lego na vida real. Essas peças contam ainda com a presença das janelas, portas e todos os itens comuns de uma casa. Com o surgimento dessa ideia, as construções passaram a ser executadas num tempo muito menor do que antes, já que o processo passou a ser mais simples: basta apenas comprar as peças das fábricas, comprar o terreno e apenas “encaixar” essas peças, o que dura poucos dias. Outra vantagem desse conceito é que ele também aumentou a qualidade da construção, já que as peças são fabricadas seguindo os menores detalhes dos projetos. Um ótimo exemplo de construções pré-moldadas presentes no nosso cotidiano são as redes de *fast food*. Como seus empreendimentos seguem todos o mesmo padrão (balcões, instalações e inclusive os banheiros), essas empresas optaram por utilizar a construção pré-moldada.

Com isso, essas redes estocam várias peças principais prontas, e quando compram outros terrenos, encomendam as outras peças que variam de loja para loja de acordo com o terreno. Isso permite uma maior e mais rápida disseminação dessas redes pelo país, colaborando com o crescimento delas. Além disso, pelo pouco tempo gasto com a construção de uma nova loja, a mesma passa a dar lucro em um menor espaço de tempo, fazendo com que a franquia ganhe cada vez mais dinheiro de uma maneira cada vez mais rápida.

O conceito de pré-moldados está sendo cada vez mais utilizado e com isso a engenharia passou a ser redefinida. Antes, a engenharia se baseava num processo onde as moldagens, execuções e elaborações eram feitos no campo, dependendo das definições, decisões e da criatividade dos responsáveis pela obra. Agora o processo é mais simples, dependendo apenas da montagem das peças. Basta que os trabalhadores analisem o projeto e montem as peças em seus respectivos lugares, sendo esse um processo mais intelectual do que criativo.

Nos anos 80, o conceito de pré-moldados já estava presente no Brasil, mas não como hoje. Nessa década, as fábricas produziam as peças que eram pré-estabelecidas por elas mesmas, dessa maneira, os compradores precisavam adequar seus projetos às dimensões propostas pelas fábricas. Mas a grande disseminação dessa técnica se deu quando esses valores se inverteram: os fabricantes passaram a fazer as peças de acordo com as especificações pedidas pelos clientes em seus projetos. Claro que isso só foi possível devido ao grande desenvolvimento tecnológico que ocorreu nos anos posteriores a isso. Se uma fábrica fosse fazer uma peça com as dimensões diferentes do que faziam na época, era necessário haver uma grande mudança no sistema da fábrica, o que acarretava em uma grande demora, fazendo com isso não valesse a pena. Com as novas tecnologias em mãos, as fábricas passaram a produzir diferentes peças para diferentes consumidores com diferentes necessidades, tudo isso porque esse desenvolvimento tecnológico deu a essas empresas a capacidade de adaptação em um tempo muito menor do que antes. Com isso, a fabricação e uso de pré-moldados aumentou muito no Brasil.

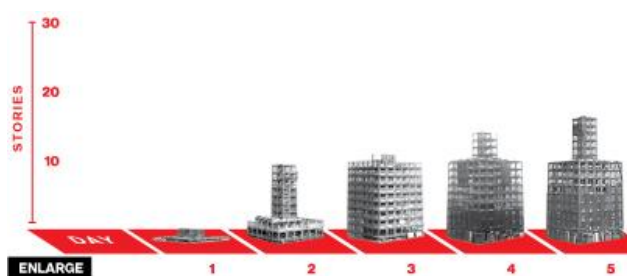
Saindo do território nacional, existe um exemplo da industrialização das construções na China. O prédio T30, localizado na cidade de Changsha, foi finalizado em 2012, sendo propriedade da Broad Sustainable Building. O T30 foi construído com o intuito de ser um hotel, e ostenta números impressionantes no ramo da construção civil. O prédio tem mais de trezentos e cinquenta quartos e também trinta andares, sendo que o tempo de construção foi de apenas quinze dias, algo que era inimaginável umas décadas atrás, e isso rendeu o recorde de rapidez de construção ao prédio

Grande parte dessa rapidez foi devido ao uso de pré-moldados. Toda a estrutura e execução do T30 foi feita com pré-moldados, sendo que as peças demoraram algo em torno de quatro meses para ficarem prontas. A fábrica responsável pela produção das peças as fez todas de uma vez. Cada peça tem 60m² e o número de peças fabricadas para esse empreendimento foi de 333. Além disso, também foram produzidos (e encaixados) os componentes elétricos e hidráulicos e também as peças que receberiam os encaixes dos pisos.

Com isso, foi garantido que todas as peças necessárias seriam produzidas antes do início da construção, isto é, nada precisaria ser feito depois da montagem, somente a ligação das peças e alguns pequenos ajustes, deixando tudo pronto para os clientes do hotel.

O transporte dessas peças da fábrica para o canteiro de obras foi feito por caminhões enormes, e as peças iam sendo dispostas de modo a otimizar a operação, promovendo a maior velocidade possível. Com o uso de um enorme guindaste localizado no centro do canteiro, as peças iam sendo transportadas e posicionadas em seus devidos lugares conforme o projeto, e então os trabalhadores completavam a montagem das peças. Esse processo ocorreu de maneira ininterrupta durante os 15 dias, contando com 3 turnos de trabalho, garantindo que a obra não parasse em nenhum período do dia e em nenhum dia da semana. A Figura 28 mostra como estava a construção nos 5 primeiros dias, e através dessa imagem é possível perceber o quão rápida foi a execução do T30.

Figura 28: Evolução do T30 nos 5 primeiros dias de construção



(Bloomberg, 2012)

Por ser um prédio alto (trinta andares), ficava a suspeita com relação à segurança oferecida pela estrutura de pré-moldados. Porém, estudiosos e engenheiros garantem que o prédio é extremamente seguro, inclusive com relação aos terremotos, o maior perigo oferecido às edificações da China. O T30 foi projetado e executado para aguentar terremotos de até 9 pontos na escala Richter.

Além disso, a construtora responsável ainda garante que o T30 é uma edificação ecologicamente correta, ou um “prédio verde”. Um exemplo disso é o sistema de economia de energia do prédio, onde as persianas, quando fechadas, viram captadores solares que geram energia. Além disso, por estarem fechadas, as persianas não deixam a luz solar entrar no prédio, e conseqüentemente o consumo de ar condicionado diminui. Além das persianas, o T30 conta com 30 sistemas de economia de energia, como luzes de *led*, por exemplo.

Mas o principal destaque do T30 nessa área é a quantidade de entulho produzido durante sua construção. Em sua execução, o T30 produziu 200 vezes menos entulho do que uma grande construção feita de modo tradicional produziria. Além disso, a quantidade de concreto consumida foi cerca de 7,5 vezes menor do que seria consumida em uma grande

construção tradicional. Enquanto o T30 produziu cerca de 1620 toneladas, uma construção tradicional de mesmo porte produziria cerca de 12000 toneladas.

Figura 29: T30 finalizado



Fonte: (Sina, 2013)

7 ESTUDO DE CASO

7.1 APRESENTAÇÃO DO PROJETO

A construção a ser analisada e estudada se encontra no município de Guaratinguetá, São Paulo, na Avenida Ariberto Pereira da Cunha, no bairro Pedregulho, e se encontra bem de frente à Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (FEG – UNESP). O prédio construído abrigará o Tribunal de Contas do Estado de São Paulo, possuindo um total de 4 andares. O subsolo do prédio possui 3 arquivos, uma cozinha, uma copa, dois vestiários e 1 banheiro para portadores de necessidades especiais. O térreo é onde ficam a recepção e o estacionamento. Já no primeiro pavimento se encontram a sala e o banheiro da direção, uma sala de reunião, uma sala técnica, dois banheiros (um masculino e um feminino), um banheiro para portadores de necessidades especiais e um salão expediente. E por último, no segundo pavimento, se encontram o depósito, o barrilete e o terraço, sendo esse último uma área externa que conta com dois jardins.

Figura 30: (a) Portaria da FEG, (b) localização do Tribunal de Contas



Fonte: (Google Earth)

A fundação do prédio foi executada com estacas hélice contínua, interligadas por baldrame. Foram executadas um total de 151 estacas com diâmetro de 30 cm, possuindo comprimentos que variam de 8 até 17 m. As vigas baldrame tem como objetivo suportar as cargas da laje e das paredes a fim de transferir esses esforços para as estacas. Essas vigas foram moldadas *in loco*, em concreto armado, e foram amarradas às estacas por meio dos

blocos de fundação. Além disso, há os blocos estruturais nas fundações, que são o intermédio responsável por transferir as cargas para as estacas. Já as vigas, também moldadas *in loco*, foram executadas com concreto armado, suas formas foram feitas de madeirite plastificado de 18 mm e travadas com pontaletes de 7,5 x 7,5 cm.

A alvenaria do prédio é, em grande parte, estrutural, e foi feita com blocos de concreto com dimensões 14 x 19 x 39 cm no muro de divisa do terreno. Já as demais estruturas foram todas executadas com concreto armado. Com relação à alvenaria de vedação, foram utilizados blocos cerâmico furados com dimensões 9 x 19 x 19 cm e 14 x 19 x 39 cm.

As lajes do prédio também foram executadas com concreto armado e formaram armaduras positivas e negativas, abaixo seguem as tabelas quantitativas separadas por pavimento:

Tabela 1: Detalhamento da laje do subsolo

LAJE DO SUBSOLO (Armação positiva e negativa)			
AÇO	DIÂMETRO (mm)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kg)
CA-50	6,3	1002	250
CA-50	8	1860	744
CA-50	10	1585	998
PESO TOTAL			1992

Fonte: (Produção do próprio autor)

Tabela 2: Detalhamento da laje do térreo

LAJE DO TÉRREO (Armação positiva e negativa)			
AÇO	DIÂMETRO (mm)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kg)
CA-50	6,3	1359	340
CA-50	8	1850	740
CA-50	10	1603	1010
PESO TOTAL			2090

Fonte: (Produção do próprio autor)

Tabela 3: Detalhamento da laje da cobertura

LAJE DA COBERTURA							
ARMAÇÃO POSITIVA				ARMAÇÃO NEGATIVA			
AÇO	DIÂMETRO (mm)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kg)	AÇO	DIÂMETRO (mm)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kg)
CA-50	6,3	1008	252	CA-50	6,3	31	8
CA-50	8	1866	746	CA-50	8	1866	746
CA-50	10	1044	658	CA-50	10	1928	1215
CA-50	12,5	704	704	CA-50	12,5	789	789
PESO TOTAL			2360	PESO TOTAL			2758

Fonte: (Produção do próprio autor)

Tabela 4: Detalhamento da laje do primeiro pavimento

LAJE DO 1º PAVIMENTO							
ARMAÇÃO POSITIVA				ARMAÇÃO NEGATIVA			
AÇO	DIÂMETRO (mm)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kg)	AÇO	DIÂMETRO (mm)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kg)
CA-50	8	2807	1123	CA-50	6,3	1206	302
CA-50	10	1701	1072	CA-50	8	1817	727
		PESO TOTAL	2195	CA-50	10	1948	1227
				CA-50	12,5	59	59
						PESO TOTAL	2315

Fonte: (Produção do próprio autor)

Tabela 5: Detalhamento da cobertura do prédio

LAJE DA COBERTURA DO PRÉDIO (Armação positiva e negativa)			
AÇO	DIÂMETRO (mm)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kg)
CA-50	6,3	96	24
CA-50	8	344	137
CA-50	10	484	305
CA-50	12,5	192	192
CA-50	16	201	322
		PESO TOTAL	980

Fonte: (Produção do próprio autor)

Já com relação às dimensões, o terreno tem 53,92 x 16,80 m (905,86 m²), o subsolo tem 16,82 x 12,50 m (210,25 m²), o térreo 53,92 x 16,80 m (905,86 m²) e o primeiro pavimento e a cobertura 40,85 x 10,40 m (424,84 m²).

Nas áreas internas do prédio, o piso utilizado foi de porcelanato polido 60 x 60 da linha Minimum Cimento PO – Eliane, nas áreas externas foi utilizado porcelanato resistente ao escorregamento 60 x 60 da linha Minimum Cimento RE – Eliane, e por fim, na escada foi utilizado o porcelanato natural 60 x 60 da linha Minimum Cimento NA – Eliane. Nesse prédio foram executados dois tipos diferentes de forro. Para a área interna, o forro foi feito com gesso, totalizando uma área de 594,31 m², e para a área do estacionamento, o forro foi feito com madeira, totalizando uma área de 376 m². As esquadrias utilizadas foram as de alumínio anodizado padrão aço inox, sendo 22 janelas maximar, 4 janelas venezianas e 2 portas. Já os vidros usados foram o transparente de 6 mm para as esquadrias de alumínio e pele de vidro laminado com controle solar prata *low-e* de 10 mm.

A cobertura do prédio tem uma laje de 13,25 x 4,41 m e possui dois jardins, mostrando que a construtora responsável tem a preocupação ecológica. Os jardins têm dimensões de 19,20 x 8,00 m e 4,80 x 8,00 m, e a presença de torneiras próximas a eles facilita a irrigação.

Além dos jardins, as caixas d'água também estão localizadas na cobertura, sendo 2 caixas de fibra de vidro com capacidade de 7500 L cada.

Já com relação à fachada, foi feito um revestimento texturizado tipo grafiato na cor cinza cimento queimado, sendo que a aplicação foi feita com o uso de desempenadeira.

O prédio em questão possui 8 quadros elétricos e 1 gerador para o caso de queda de energia. As luminárias utilizadas foram as embutidas em forro. As salas arquivos, banheiros, estacionamento e a escada possuem sensores de presença de teto, mostrando uma consciência ecológica e também econômica, já que dessa maneira se reduz os gastos com energia elétrica. Já a cozinha, direção, sala de reunião, sala técnica, expediente e recepção possuem iluminação acionada por interruptores.

Por último, o prédio possui controle contra incêndio e tem como recursos acionadores manuais de alarme e bomba de incêndio, sirene eletromecânica de incêndio, central de alarme de incêndio para 24 pontos com bateria, extintor de gás carbônico, água pressurizada e pó químico pressurizado, abrigo para hidrante em chapa de aço carbono, com mangueira de diâmetro 65 mm (2,5") x 30 m, hidrante com registro globo angular 45° de diâmetro 65 mm (2,5") e registro de recalque no passeio, também com diâmetro 65 mm (2,5").

7.2 TÉCNICAS E FERRAMENTAS UTILIZADAS

7.2.1 Fundação

A fundação foi executada com estacas hélice contínua. O processo de execução começou com a marcação dos locais onde as perfurações deveriam ser feitas, sendo que essa atividade foi realizada por topógrafos. Depois disso, a perfuratriz para estaca hélice perfurou o solo e depositou o concreto, preenchendo esse buraco, e os operários inseriram a armadura correspondente manualmente. A altura de cada estaca foi definida em projeto através do nivelamento do gabarito do prédio, sendo que este foi executado em madeira e inicialmente locado pelos topógrafos.

Depois que todas as estacas foram executadas, o topo, ou a "cabeça", da estaca foi arrasada, isso é, quebrada com martelões até uma altura de mais ou menos 50 cm da estaca. Esse processo é feito para que o concreto "sujo" de terra seja retirado da estaca, além de expor as barras de aço da armadura para que depois possam ser amarradas ao baldrame.

Depois que as estacas foram executadas e arrasadas, iniciou-se a execução do baldrame. O primeiro passo foi montar todas as formas do baldrame, utilizando o desenho das vigas e também os blocos de alvenaria, sendo que essas formas foram feitas com madeira e

escoradas ao chão com pontaletes, também de madeira. Os pontaletes foram travados de forma diagonal, sendo cravados no chão.

Já com relação às armaduras das vigas e dos blocos estruturais da fundação, elas foram feitas com barras de aço CA-50 e montadas *in loco*. Depois de montadas, foram colocadas dentro da forma de forma que o cobrimento fosse respeitado, a fim de que o ferro não encostasse na forma, o que acarretaria na exposição do aço após a desforma.

Depois da montagem e armação das vigas e dos blocos, deu-se início à concretagem, processo no qual o concreto chegava até a obra por meio de caminhões betoneira e lançado dentro das formas. As formas eram colocadas em cima de um equipamento vibrador, responsável por diminuir ao máximo os vazios dentro da forma. Por fim, o acabamento superficial foi feito por pedreiros com a colher de pedreiro, terminando a execução das vigas e dos blocos estruturais.

Os materiais e equipamentos usados para essa etapa foram perfuratriz, vergalhões de aço, vigas e blocos estruturais, turquesa para corte dos arames, espaçadores, pontaletes, tábuas, caminhão betoneira, colher de pedreiro, luvas, capacete, serra manual, lixadeira, equipamento vibrador, óculos de proteção, protetor auricular e bota de segurança.

7.2.2 Alvenaria

O processo de execução da alvenaria é um dos mais tradicionais dentro da construção civil. Primeiro os pedreiros fizeram a marca da primeira fiada, para que pudessem nivelar os blocos e manter os cantos no esquadro. Para isso, também são levados em consideração os vãos onde vão ficar as portas. A colher de pedreiro foi utilizada para essa marcação e também para todo o resto do processo. Depois disso, o pedreiro assentou todas as fiadas utilizando a paleta, passando a massa por cima dos blocos e segurando o material depois do assentamento dos blocos nas extremidades. Já para manter o prumo das paredes, os pedreiros utilizaram o fio de prumo, que é uma linha que quando esticada serve como referência para todos os blocos que vão ser assentados ao meio da fiada. Esse processo segue até que a parede esteja na altura determinada em projeto.

A argamassa utilizada foi feita do lado de fora do prédio e armazenada em caixas de madeira sobre paletas, sendo levadas até o local de trabalho para que possa ser aplicada nas paredes.

Para as fiadas maiores do que 1,5 m, foram utilizados andaimes que foram montados na obra. Os pedreiros ficaram em cima do andaime e receberam os blocos das mãos do servente que ficava no chão e os colocavam sobre o andaime.

Tanto para a alvenaria estrutural quando para a de vedação, o processo foi quase igual. A única diferença entre as duas execuções é que, para o caso da alvenaria estrutural, o pedreiro precisou que os pontos de grautes estivessem cheios e da execução de uma verga e contra verga com graute para os vãos das janelas e das portas.

Os materiais e equipamentos utilizados para a execução das alvenarias foram a colher de pedreiro, paleta, fio de prumo, andaimes e equipamentos de segurança (luvas, capacete e botas).

7.2.3 Pilares

Essa construção conta com pilares de diâmetro 30 cm no térreo e também no primeiro pavimento, sendo que esses foram executados conforme os procedimentos tradicionais. Num primeiro momento, antes de haver a concretagem, houve a armação de arranque no baldrame. Já depois da concretagem, chegou à obra a armação verdadeira, aquela que já havia sido dimensionada e detalhada em projeto. Essa armação já chegou dobrada, devendo apenas haver sua montagem, e então houve a amarra dela ao arranque. Para isso, levou-se em consideração o espaçamento na armação, a fim de que o cobrimento pudesse ser respeitado para que o aço não ficasse exposto após sua desforma.

Já com relação às formas, as mesmas tinham uma seção circular, respeitando o projeto que previa pilares circulares. No Brasil, os moldes de papelão vêm sendo muito utilizados em pilares circulares devido à sua praticidade, aliando um bom resultado superficial à sua facilidade de uso e manuseio na obra.

Depois da montagem das armaduras e das formas, foi feito o despejo de concreto dentro das mesmas, além do procedimento padrão de vibração, visando minimizar os vazios presentes. Nessa etapa a armadura foi inserida manualmente pelos pedreiros.

Os equipamentos utilizados para a execução dos pilares foram as formas de papelão, vergalhões, arame, turquesa, lixadeira, vibrador e equipamentos de segurança (capacete, óculos e botas).

7.2.4 Vigas

As vigas desse prédio foram executadas através do mesmo procedimento feito com as vigas do baldrame, conforme já foi citado anteriormente. A única diferença entre os dois procedimentos foi o local das amarrações: enquanto as vigas do baldrame foram amarradas nas estacas da fundação, as vigas foram amarradas nos pilares ou nas lajes onde deveriam ser posicionadas. Além disso, as vigas localizadas no teto e também a viga invertida precisaram de uma escora, o que nesse caso foi feito com pontaletes de madeira.

Logo, para a execução das vigas, foram utilizadas tábuas, vergalhões, arame, turquesa, pontaletes de madeira, vibrador, serra circular, lixadeira e equipamentos de segurança (capacete, óculos e botas).

7.2.5 Lajes

As lajes do Tribunal de Contas do Estado de São Paulo – Guaratinguetá foram moldadas *in loco*. O processo de execução das lajes foi bem parecido com o das vigas, já citado anteriormente. Num primeiro momento, foram montadas as formas de madeira, com as dimensões já definidas em projeto, e também as armaduras com os vergalhões metálicos, também já dimensionadas em projeto. O caminhão betoneira despejou o concreto na forma e depois a armadura foi inserida, respeitando-se o cobrimento a fim de evitar a exposição dos vergalhões depois do processo de desforma. A forma foi posicionada acima de um vibrador para a diminuição do índice de vazios. Depois disso, foi feito o sarrafeamento e desempenamento do concreto para que o nível ficasse correto. No dia seguinte o concreto já estava seco, e então foi possível dar prosseguimento à execução da alvenaria estrutural do pavimento superior, sendo que a laje teve que continuar escorada.

Para a execução das lajes foi necessário contar com tábuas, vergalhões, arame, turquesa, vibrador, serra, lixadeira e equipamentos de segurança (botas, óculos e capacete).

7.2.6 Revestimento Externo

O revestimento externo também seguiu os procedimentos tradicionais da construção civil, sendo realizado de maneira manual. Para isso, foi necessário haver a montagem dos andaimes que seriam utilizados nesse procedimento. Para a montagem dos andaimes, se fez necessário respeitar todos os procedimentos de segurança dos trabalhadores, isso é, as

plataformas tiveram que ser montadas e encaixadas de maneira correta. Para garantir mais segurança, podem ser feitos rodapés de madeira nas plataformas, onde podem ser fixadas telas de mais ou menos 1,50 m de altura, prevenindo a queda de ferramentas e materiais.

Já com relação à argamassa que foi utilizada, as betoneiras ficavam paradas em alguns pontos do canteiro e a faziam nesses pontos. A argamassa fabricada era então transportada até o local de trabalho e levada até os pedreiros através de baldes presos por uma corda com o auxílio de roldanas.

A etapa seguinte foi a realização do revestimento, que tem como camadas o chapisco (uma massa com espessura fina para aderência), massa única e uma massa mais seca. A camada mais externa tem que apresentar uma superfície mais regular, pronta para o uso da régua de alumínio e da desempenadeira para que fique lisa. Dessa maneira, com um acabamento bem feito, a parede está pronta para ser pintada.

Para o revestimento externo, foram utilizados andaimes, a colher de pedreiro, régua de alumínio, desempenadeira e equipamentos de segurança (capacete e bota).

7.2.7 Esquadrias Metálicas

As janelas são os únicos elementos do prédio que contam com as esquadrias metálicas, que, no caso, são de alumínio. A colocação das esquadrias se baseou simplesmente em marcar os vãos na alvenaria de maneira correta a partir do projeto disponibilizado, tomando cuidado também com o prumo e com o nível. Houve também a aplicação da espuma expansiva no vão entre a janela e a alvenaria. Essa espuma tem como objetivo travar a janela, já que quando há a expansão, há também uma força sendo aplicada dos dois lados, assentando a janela da maneira correta.

Para essa etapa foram utilizados o prumo, espuma expansiva, nível e equipamentos de segurança (botas e capacete).

7.2.8 Esquadrias de Madeira

As esquadrias de madeira são as portas e os batentes. Os vãos das portas já são pré-determinados em projeto e devem ser respeitados e feitos durante a execução da alvenaria estrutural.

O processo de assentamento das esquadrias de madeira foi feito de maneira tradicional, começando com o posicionamento das esquadrias em seus devidos vãos, tomando cuidado com o prumo e também com o nível. Para que o posicionamento fosse feito de maneira correta, foram usados calços a fim de efetuar o travamento das portas na posição certa. Depois disso, foi aplicada a espuma expansiva, com o mesmo objetivo do caso das esquadrias de alumínio. Mas no caso das esquadrias de madeira, tomou-se mais cuidado, já que uma força maior do que a necessária poderia empenar o batente no sentido vertical. Para precaver esse tipo de situação, foram utilizadas tábuas finas com a mesma medida horizontal do batente. Essas tábuas foram colocadas no batente no sentido horizontal, efetuando o travamento das faces horizontais dos batentes e garantindo que não houvesse o empenamento das peças.

Para essa fase da construção, foram utilizadas a serra, martelo, nível, prumo e equipamentos de segurança (óculos, protetor auricular, capacete, bota, luva e máscara).

7.2.9 Peças Cerâmicas

Para assentar as peças cerâmicas de maneira correta, foi preciso que as paredes e o chão fossem executados de maneira correta e que estivessem limpos, para haver a melhor aderência dos pisos e azulejos. Depois de verificar esse primeiro passo, aplicou-se o cimento-cola e espalhou-o na superfície utilizando a parte dentada da desempenadeira. A escolha da parte dentada se deve ao fato de que dessa maneira o cimento-cola apresenta “ondas” em sua superfície, isso é, apresenta linhas altas e baixas uma ao lado da outra. Depois de aplicar e espalhar o cimento-cola na superfície desejada, colocou-se as primeiras quatro peças na superfície. A função dessas quatro peças é servir como guia para o trabalhador, facilitando a colocação das outras peças. Logo, essas quatro primeiras peças foram colocadas no canto da superfície, apresentando nível e esquadro adequados. Depois disso, amarrou-se a “linha de pedreiro” em dois pregos fixados nas extremidades das peças, resultando no contorno que facilitou a colocação das peças das extremidades. Esses passos se repetiram até que a superfície estivesse preenchida.

Em algumas situações fez-se necessário cortar as peças cerâmicas. Nas partes do chão onde há um ralo ou um registro, por exemplo, as peças tiveram que ser cortadas a fim de contornar esses elementos. Esses cortes foram feitos com riscadeiras e serras circulares, sendo que as serras executaram esse trabalho de maneira mais rápida e eficiente.

Já para efetuar o espaçamento correto entre as peças, foram utilizados os espaçadores de plástico, elemento que possibilita saber a posição de três peças que ficam ao redor da peça guia.

Para essa etapa da construção foram utilizados o nível, serra circular, martelo de borracha, desempenadeira, prego, linha, riscadeira e equipamentos de segurança (bota, capacete, óculos, protetor auricular, luva e máscara).

7.2.10 Gesso Liso

O revestimento em gesso liso foi utilizado nas superfícies de alvenaria estrutural do prédio, salvo exceções como banheiro e cozinha, onde foram usadas peças cerâmicas. Isso não se aplica aos tetos dos pavimentos, onde foram usadas placas de gesso.

Num primeiro momento, o gesso foi preparado utilizando-se a quantidade certa de água necessária para o tanto de gesso que vai ser usado. A água e o gesso foram misturados até que a massa resultante apresentasse homogeneidade. Depois disso, o gesso estava pronto para ser aplicado na superfície desejada, o que foi feito com o uso de uma régua de alumínio, a fim de fazer o sarrafeamento do gesso. Depois de cobrir toda a superfície, regularizou-se a superfície desempenando o gesso e removendo as irregularidades, fazendo com que o gesso na superfície apresentasse uma textura lisa, uniforme.

Depois de seguir essas etapas, o gesso descartado foi jogado na caçamba de entulho e depois levado para o local onde ocorre o processamento do mesmo.

Para realizar o revestimento em gesso liso, foram usadas a régua de alumínio, a desempenadeira e os equipamentos de proteção (máscara, óculos, capacete, bota e luvas).

7.2.11 Instalações Elétricas

Os trabalhos dessa etapa passaram a ser feitos depois da montagem da primeira laje. Depois da montagem, a tubulação elétrica de conduíte rígido foi posicionada na laje, levando em consideração o projeto elétrico do prédio. Além disso, as descidas e subidas da tubulação também foram feitas, isso é, se no pavimento superior à laje tivesse uma tomada de altura baixa (30 cm), a tubulação já era deixada apontando para cima com conduíte flexível, de maneira a já ficar localizado dentro do bloco assentado. As descidas foram feitas da mesma maneira, exceto pelo fato de que os conduítes flexíveis eram virados para baixo, trazendo a fiação necessária para as tomadas altas (2,10 m) e médias (1,20 m).

Depois da concretagem da laje e da execução completa da alvenaria no pavimento em questão, iniciou-se a etapa de furação da alvenaria, onde foram alocadas as caixinhas de parede (interruptores, tomadas, campainha, etc). Esses furos foram feitos com uma furadeira, tomando cuidado com a posição dos furos. Depois de furar as paredes, a etapa seguinte foi fazer o caminho dos conduites flexíveis, completando o trajeto de onde eles tinham sido deixados até o furo da caixa correspondente. Esse trajeto foi feito utilizando uma serra circular para cortar a parede, fazendo a junção do conduto deixado anteriormente com um novo.

Posteriormente, as caixinhas de parede foram colocadas, deixando o pavimento pronto para que as fiações fossem colocadas, saindo de um dos oito quadros elétricos presentes no prédio até as caixinhas correspondentes. Nessa etapa, tomou-se cuidado com a descrição e quantidade de fios e circuitos que estavam presentes no projeto, a fim de executar as instalações corretamente. A colocação dos fios nos conduites foi feita manualmente, onde o eletricitista responsável inseriu o passa-fio em uma das pontas do tubo, levando-o até a outra ponta, unindo-o à fiação correspondente com fita isolante para então poder puxá-lo de volta. Esse procedimento foi feito para todas as tubulações elétricas do prédio. Depois disso, bastou instalar as tomadas e interruptores de acordo com o projeto e com o manual de instalação disponibilizado pelo fabricante.

Para essa etapa, foram utilizadas a lâmina de serra, chaves de fenda e de Philips, alicate de corte e de pressão, trena, passa-fio e equipamentos de segurança (luvas, botas, óculos, protetor auricular, capacete e máscara).

7.2.12 Instalações Hidráulicas

Para executar as instalações hidráulicas, foi feito o seguinte procedimento: no subsolo e no térreo foram feitas valas na terra antes de ocorrer a concretagem do contra piso para que os ralos pudessem ficar enterrados. Já nos outros dois pavimentos, foram feitos furos nas lajes, dessa maneira as tubulações dos ralos foram instaladas e fixadas na parte inferior da laje com o auxílio de um finca pino e de uma cinta de amarração. Quando sobrava algum espaço após a colocação dos ralos, o mesmo era preenchido com espuma expansiva a fim de vedar o buraco corretamente.

A tubulação de esgoto chegava a *shaft* de prumada, descendo pelo prédio e chegando até à distribuição externa. Com relação à água fria, sua distribuição foi feita de maneira que todas as tubulações tivessem como origem o barrilete do prédio, distribuindo a água através

das paredes do prédio. Em alguns locais, a tubulação chegava em apenas um ponto, e o caminho a ser seguido pela água era executado pelo encanador, que cortava a parede com o auxílio de uma serra circular. O projeto foi levado em consideração para isso, a fim de que os buracos feitos obedecessem a localização determinada previamente. Depois disso, bastava o pedreiro tapar o buraco com uma massa feita de cimento e areia.

Com relação às tubulações de águas pluviais, a calha do prédio tem uma entrada para a tubulação, bastando apenas encostar esse tubo na parede do prédio, sendo fixado com o auxílio de finca pino e cinta de amarração.

As tubulações do prédio dão acesso à distribuição externa, sendo que há a separação entre águas pluviais e esgoto. Para isso, foi preciso fazer valas, a fim de poder fazer o caminho correto para a tubulação. Essas valas garantem que as águas pluviais e o esgoto percorram sempre o mesmo caminho, sendo que as tubulações respeitam uma inclinação de mais ou menos 1%. Ao colocar as tubulações nas valas e instalá-las, foram colocadas luvas de borracha nas junções para fazer a função de vedação. Também foram instaladas caixas de passagem para essas tubulações, a fim de facilitar possíveis futuras vistorias e também para realizar curvas mais agudas.

Para realizar as instalações hidráulicas, foram utilizadas uma serra circular, retroescavadeira (valas), picareta, pá, finca pino, perfuratriz, nível, colher de pedreiro, lâminas de corte, lixa e equipamentos de segurança (bota, óculos, protetor auricular e máscara).

7.2.13 Pintura

A etapa da pintura pode ser subdividida em dois tipos diferentes: a pintura externa e a interna. A parte externa é basicamente as fachadas do prédio, onde foi utilizada a cor cinza cimento queimado com textura tipo grafiato. Já a parte interna são as paredes localizadas no interior do prédio, sendo que essas apresentam cor branca e não tem textura. No caso da pintura interna, o procedimento se inicia com o lixamento das paredes com o auxílio da lixadeira elétrica, corrigindo as imperfeições do gesso com a massa corrida. Depois disso foi aplicada a base, para que a parede pudesse receber a tinta, sendo que tanto a base quanto a tinta foram aplicadas com a ajuda de rolos e pincéis para os detalhes. Depois da secagem, foi feita a segunda demão, utilizando os mesmos materiais para sua aplicação. Para a pintura externa, o procedimento foi um pouco mais complicado e também perigoso, já que a altura atingida pelo pintor em relação ao chão era maior. O pintor ficava no chamado “balancinho”, que consiste em uma cadeira que presa à cabos de aço que pode subir e descer pela fachada

através de um sistema de carretilha. Nesse caso, o pintor precisou passar a base sobre a parede externa, lembrando que para isso o acabamento já havia sido feito, para poder consertar as imperfeições apresentadas. Depois disso, foi necessário esperar a base secar para poder aplicar a textura na parede. Como a parede externa foi feita toda numa cor só, o processo foi facilitado, já que não foi necessário marcar a divisa de cores. Para pintar as paredes externas, o pintor utilizou rolos de pintura, além de também utilizar fita crepe, responsável por auxiliar o mesmo a não sujar as janelas.

Para a etapa de pintura, foi utilizada a lixadeira elétrica, espátula, balancinho, rolo para pintura e equipamentos de segurança (bota, capacete, luva, óculos e máscara).

7.2.14 Jardins na cobertura

Conforme citado anteriormente, o prédio possui dois jardins em sua cobertura, sendo um com dimensões de 19,20 x 8,00 m e outro com 4,80 x 8,00 m, ambos com profundidade de 30 cm. Para executar o sistema de vedação e drenagem, foi feito, num primeiro momento, um contrapiso com caimento para os ralos, sendo que no maior jardim há 8 ralos e no menor há 2.

Houve a aplicação de manta asfáltica de 4 mm em toda a cobertura (aplicação de *primer* na laje e colagem da manta com o auxílio de um maçarico). Sobre a manta foi feita uma proteção mecânica com argamassa de cimento e areia com traço 1:7 e espessura de 3 cm, também com caimento para os ralos. Depois disso, foi aplicada uma emulsão anti-raiz, a fim de prevenir que haja a penetração das raízes na manta e na laje. Com isso feito, foi aplicada uma manta geotêxtil com três elementos: drenante, filtrante e um coletor que conduz a água até a descarga.

Pode-se notar que houve muita preocupação e cuidado com relação às infiltrações, já que a água é um dos maiores responsáveis por problemas ocorridos em construções devido à sua capacidade de penetrar em espaços mínimos. Então a cobertura foi finalizada com plantio de grama e lírios.

Para executar a cobertura foram utilizados o maçarico, pás e equipamentos de segurança (luvas, máscaras, botas e óculos).

7.3 NOVOS EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS PROPOSTOS

7.3.1 Fundação, Vigas e Pilares

Os processos de execução da fundação, das vigas e dos pilares têm um procedimento em comum: todos eles envolvem amarração de vergalhões, seja na montagem de armação para vigas baldrame, vigas e pilares. Também há o procedimento de amarrar a armação, algo que pode ser feito com uma máquina chamada “máquina de amarrar arame”. Essa máquina nada mais é do que algo que executa um dos procedimentos mais trabalhosos e que demandam um certo tempo dentro desses processos: o nó de arame que amarra duas barras.

Para utilizar essa máquina, o trabalhador só precisa colocar o ponto onde precisa fazer o nó de arame, entre as duas miras que ficam a frente dessa máquina. Depois disso, ele só precisa apertar o gatilho e a máquina lança um pedaço de arame e ela automaticamente faz os mesmos movimentos que são feitos manualmente, que no caso é passar o arame por trás do ponto e dobrar as duas pontas para frente e torcendo o arame, a fim de que ele seja enrolado. A máquina aplica a força necessária para amarrar as duas barras de maneira eficiente. É possível ver essa máquina em funcionamento na Figura 31

Essa pequena máquina pode ser uma grande melhoria dentro de uma obra, já que ela executa um procedimento importantíssimo dentro de uma construção, e o faz com uma rapidez e precisão enormes. Além disso, os fabricantes garantem que essa máquina pode realizar o serviço de cinco homens dentro de um mesmo intervalo de tempo, e isso pode ser visto claramente ao assistir essa máquina trabalhando.

Figura 31: Máquina de amarrar ferragens



Fonte: (MF Rural, 2016)

7.3.2 Alvenaria

7.3.2.1 Estrutural

No caso da alvenaria estrutural, a ferramenta proposta garante um processo executado de maneira mais rápida e também garante que a qualidade atenderá ao padrão necessário, isso

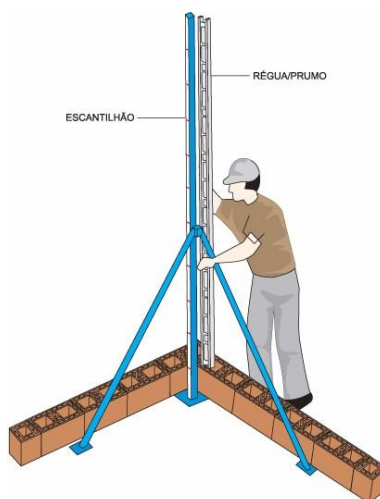
é, garante uma maior precisão nos critérios a serem analisados, como o prumo da parede, o nível das fiadas e o esquadro entre duas paredes. Essa ferramenta é o escantilhão com tripés.

Para instalar esse escantilhão, basta fixar o mesmo com parafusos na laje inferior, levando em consideração o ajuste do prumo e também o esquadro dos tripés, que devem ficar no mesmo esquadro da parede. Depois de posicionar os dois escantilhões nas duas extremidades da parede, inicia-se sua execução. O escantilhão apresenta marcações a cada 20 cm a fim de que o pedreiro coloque a linha e una os dois escantilhões através da mesma. Essa linha mostra onde os blocos estruturais da fiada em questão devem ficar, e ao fim da fiada, é só reposicionar a linha na altura seguinte e continuar com o processo até o fim da alvenaria.

O uso do escantilhão com tripé possibilita um serviço mais rápido se comparado ao mesmo processo sem o uso do mesmo, já que dessa maneira, o pedreiro não tem a necessidade de ficar conferindo o prumo a cada nova fiada que vai executar. Basta que ele encoste o bloco no escantilhão, e já que ele já está no prumo, a fiada a ser executada também vai estar. Isso já elimina um dos grandes tomadores de tempo no processo de execução da alvenaria estrutural.

Na imagem abaixo é possível ver as marcas que servem como referência para o pedreiro e também a instalação do escantilhão:

Figura 32: Escantilhão com Tripé



Fonte: (Real Kraft, 2016)

7.3.2.2 De vedação

No caso da alvenaria de vedação, a ferramenta a ser apresentada é quase igual à apresentada anteriormente: o escantilhão simples. Seu funcionamento é basicamente o mesmo do escantilhão com tripé, sendo que o simples é apenas uma barra vertical, já que esse

escantilhão é preso por pressão na laje superior e na inferior, fazendo com que o tripé seja algo desnecessário. Isso se deve ao fato de que a alvenaria de vedação só é executada depois que toda a alvenaria estrutural e as lajes do andar já estejam prontas.

O escantilhão simples deve ser colocado em prumo com face para o final da parede a ser executada. Com isso, as faces superior e inferior do escantilhão são travadas nas lajes superior e inferior com parafusos, garantindo que o escantilhão não se mova e não saia do prumo durante a execução da alvenaria de vedação.

Depois de instalar, o procedimento de uso é o mesmo do escantilhão com tripé, já que o simples também apresenta as marcações necessárias para facilitar o trabalho do pedreiro, e isso garante um atendimento ao padrão de qualidade das fiadas e também do prumo.

Se comparado ao escantilhão com tripé, o simples só apresenta uma desvantagem: são necessários dois escantilhões simples para garantir o esquadro correto das duas paredes em questão, um em cada extremidade das paredes a serem unidas, enquanto que no caso do escantilhão com tripé, apenas um já se faz suficiente.

A imagem abaixo mostra como é feita a instalação correta do escantilhão, observando-se o prumo e o nível, além de mostrar o escantilhão depois de sua instalação. Outros pontos mostrados nas imagens são como a alvenaria de vedação faceia o escantilhão e também o uso da régua deslizante, utilizada de guia para a linha que define o nivelamento da fiada.

Figura 33: Correto manuseio e uso do escantilhão simples



Fonte: (ArquiTECTando, 2013)

7.3.3 Lajes

Um mecanismo que poderia ser adicionado no caso da montagem e execução das lajes é o de escoras metálicas. Na obra em questão, as escoras utilizadas foram as de eucalipto,

sendo que se for feita uma comparação das escoras metálicas com as de eucalipto, as escoras propostas garantem uma qualidade maior e também mais segurança. Não tem como padronizar o tamanho das escoras de eucalipto, o que causa um certo desnível entre elas. Com as metálicas isso pode ser corrigido, já que há um processo industrial muito mais preciso para a fabricação das mesmas e elas são reguláveis. Já na questão da segurança, um acidente envolvendo o eucalipto é muito mais provável do que um envolvendo as metálicas, já que a possibilidade de haver alguma quebra no eucalipto é maior, podendo ocorrer devido à alguma solicitação em uma seção mais frágil ou então devido à algum corte que não tenha sido feito de maneira correta.

O processo de instalação se dá da seguinte maneira: num primeiro momento, deve-se definir o nível no qual as peças devem ficar e então uma linha é estendida a fim de ser um guia para a extremidade superior das escoras. Depois disso, as escoras devem ser posicionadas de acordo com o projeto em questão. Feito isso, a parte móvel da escora é erguida através de um sistema de roldanas até atingir o nível definido pela linha guia, e ao chegar lá, o parafuso da roldana deve ser apertado para travar a escora na altura correta.

Figura 34: Utilização de escoras metálicas



Fonte: (Mitti, 2015)

7.3.4 Revestimento

7.3.4.1 Externo em argamassa

Uma melhoria a ser aplicada no caso de revestimento externo em argamassa é uma máquina que faz o mesmo serviço feito pelos pedreiros, porém o faz num espaço menor de tempo, garantindo uma eficiência e qualidade maiores do que se o trabalho fosse feito

manualmente. A máquina em questão é a projetora de argamassas, que nada mais é do que um mecanismo que lança a argamassa na parede, sendo necessário apenas desempená-la após a aplicação.

Para utilizar essa máquina basta depositar o reboco ou chapisco no reservatório e ligar o motor. Para fazer a aplicação do chapisco/reboco, basta direcionar o jato da máquina na parede desejada e apertar o gatilho, sendo que a pressão exercida pela máquina já é o suficiente para fixar a massa na parede.

Essa máquina traz diversas melhorias dentro de uma obra, pois além de executar o serviço de maneira muito mais rápida e fácil, ela também é responsável por uma economia de material, já que a argamassa lançada na parede fica fixa na superfície, enquanto que no processo manual, uma parte cai no chão e não pode ser reutilizado. Além de tudo isso, a máquina também garante uma superfície mais uniforme e bem-feita.

Na Figura 35 há um operário utilizando a projetora, onde é possível ter uma noção de como o manuseio dessa máquina é simples. Já na Figura 36 é possível ver a máquina em si.

Figura 35: Utilização da projetora



Fonte: (YouTube, Venezia Imports, 2012)

Figura 36: Bomba projetora

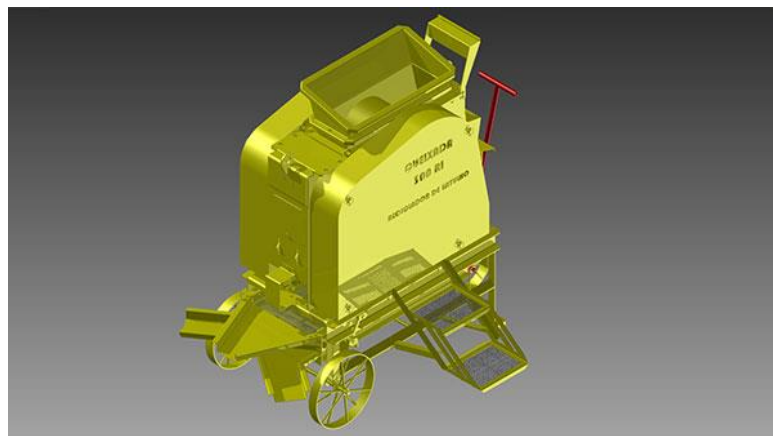


Fonte: (m-Tec, 2016)

7.3.4.2 Em gesso liso

No caso do revestimento de gesso liso, a melhoria não vai ser nos quesitos ganho de tempo ou eficiência/qualidade do serviço, mas sim na economia gerada. A recicladora de gesso nada mais é do que uma máquina que tritura o gesso seco que cai no chão durante sua aplicação nas paredes, deixando-o pronto para o reuso. A recicladora evita o desperdício de gesso, reduz a quantidade de entulho na caçamba e representa uma grande economia para a obra. O gesso triturado pode ser utilizado segundo o mesmo procedimento do gesso ensacado, não necessitando de ferramentas especiais para poder utilizá-lo. Para se ter uma ideia da economia que essa máquina representa, basta apenas lembrar que, em média, três em cada vinte e cinco sacos de gesso acabam descartados como entulho.

Figura 37: Máquina recicladora de gesso



Fonte: (VegeDry, 2015)

7.4 ANÁLISE DO CUSTO-BENEFÍCIO

Para que se possa fazer uma comparação justa dos benefícios que essas ferramentas podem trazer à obra, é preciso, num primeiro momento analisar os custos envolvidos e também o tempo utilizado nos procedimentos que as envolvem. A tabela abaixo foi confeccionada através de dados obtidos na obra, já no caso dos dados relativos às novas ferramentas, os mesmos foram fornecidos por seus respectivos fabricantes:

Tabela 6: Quantidades de cada etapa na obra e comparações de rendimentos dos métodos utilizados com os métodos propostos

Etapa	Quantidade	Rendimento		Tempo necessário	
		Método utilizado	Novas Ferramentas	Método utilizado	Novas Ferramentas
Armação do baldrame	1	3 dias por laje	1 dia por laje	3 dias	1 dia
Armação das lajes	3	3 dias por laje	2 dias por laje	9 dias	6 dias
Alvenaria estrutural	232 m ²	70 m ² por dia	100 m ² por dia	4 dias	3 dias
Alvenaria de vedação	1612 m ²	60 m ² por dia	80 m ² por dia	27 dias	21 dias
Montagem das lajes	3	3 dias por laje	1 dia por laje	9 dias	3 dias
Chapisco	1612 m ²	100 m ² por dia	650 m ² por dia	17 dias	3 dias
Reboco Externo	292 m ²	40 m ² por dia	175 m ² por dia	8 dias	2 dias
			Total	77 dias	39 dias

Fonte: (Produção do próprio autor)

Tabela 7: Custo total dos equipamentos propostos

Produto	Preço (R\$)	Quantidade	Preço total (R\$)
Amarradeira	2600	1	2600
Escantilhão com Tripé	120	2	240
Escantilhão Simples	160	2	320
Projetora de Argamassa	33000	1	33000
Recicladora de Gesso	25000	1	25000
		Total	61160

Fonte: (Produção do próprio autor)

Através da análise feita, chega-se à conclusão de que se houver o capital para investimento, seria vantajoso para as construtoras que o fizessem. O número de dias necessários para realizar as etapas analisadas caiu para praticamente metade do que foi na prática, o que acarreta em muita economia de dinheiro, tanto pelo tempo quanto pelo número de pessoas necessárias para realizar as atividades. A diferença de 38 dias significa um mês a menos de custos indiretos para a construtora, sendo que isso já representa uma economia considerável para a mesma, já que é uma mensalidade a menos para seguros, aluguel e contas básicas como água e luz. O custo mensal para os custos indiretos é de aproximadamente R\$20000,00, o que já representa um terço do investimento inicial.

Os custos indiretos são aqueles custos que não podem ser apropriados diretamente ao produto ou bem, estes são apropriados aos produtos finais mediante critérios pré-determinados. São aqueles que apenas mediante aproximação podem ser atribuídos aos produtos por algum critério de rateio (exemplos: supervisão, seguros de fábrica, aluguel). Incluem-se nos custos indiretos os diretos por natureza, mas que por serem irrelevantes ou de difícil mensuração são tratados como indiretos. (OLIVEIRA, 2011, pág. 18)

A análise com relação a economia também se aplica aos custos diretos. Essa diminuição de 38 dias acarreta em um mês a menos de salários para a mão de obra, de aluguel de equipamentos, entre outros. Outro ponto a ser ressaltado é a economia gerada com os materiais, já que com o uso dessas novas máquinas e tecnologias, a eficiência na produção aumenta. Um exemplo disso é a projetora de argamassa, máquina essa que garante que a argamassa lançada na parede não caia no chão, fato que ocorre quando esse processo é feito da maneira tradicional.

O custo direto é aquele que pode ser identificado e diretamente apropriado a cada tipo de obra, ou seja, ele está diretamente ligado a cada tipo de bem ou função de custo. São os materiais diretos utilizados na fabricação do produto e da mão de obra direta. (OLIVEIRA, 2011, pág. 18)

Se for feita uma análise de uma obra maior (um prédio de 24 andares por exemplo), com tempo total de 2 anos de execução, essa economia se mostra ainda maior. Algo que pode ser notado na tabela abaixo.

Tabela 8: Comparativo para um prédio de 24 andares

Etapa	Quantidade	Rendimento		Tempo necessário	
		Método utilizado	Novas Ferramentas	Método utilizado	Novas Ferramentas
Armação do baldrame	1	3 dias por laje	1 dia por laje	3 dias	1 dia
Armação das lajes	24	3 dias por laje	2 dias por laje	72 dias	48 dias
Alvenaria estrutural	15000 m ²	70 m ² por dia	100 m ² por dia	215 dias	150 dias
Alvenaria de vedação	7000 m ²	60 m ² por dia	80 m ² por dia	117 dias	88 dias
Montagem das lajes	24	3 dias por laje	1 dia por laje	72 dias	24 dias
Chapisco	7000 m ²	100 m ² por dia	650 m ² por dia	70 dias	11 dias
Reboco Externo	7000 m ²	40 m ² por dia	175 m ² por dia	175 dias	40 dias
			Total	724 dias	362 dias

Fonte: (Produção do próprio autor)

O tempo novamente praticamente cai pela metade. Porém, nesse caso, a economia é de aproximadamente 12 meses, ou seja, só de custos indiretos são mais ou menos R\$240.000,00, quatro vezes mais do que o investimento inicial a ser realizado.

A projetora de argamassa e a recicladora de gesso talvez não sejam viáveis para a obra estudada, que é de porte médio. Porém, se a construtora analisar a longo prazo, é plausível contar com esses equipamentos, já que os mesmos podem ser utilizados em futuras obras. E como mostrado na tabela acima, se mostram viáveis para uma obra maior, representando uma grande economia de tempo e dinheiro.

8 CONSTRUÇÕES MODERNAS E A ESCOLARIDADE DA MÃO DE OBRA

O cenário da construção civil no Brasil mostra uma grande modernização das ferramentas e das técnicas utilizadas. Isso pode ser visto em prédios com execuções diferentes que vêm surgindo diariamente no país, especialmente nas capitais e em grandes centros, onde o crescimento vertical se faz necessário através de grandes investimentos das principais construtoras e companhias do país.

A mão de obra na construção civil no Brasil sempre foi majoritariamente constituída por pessoas com baixo grau de escolaridade, muitas vezes analfabetas. Já com relação às técnicas e ferramentas utilizadas, houve uma estagnação durante muito tempo. Durante essa estagnação, o nível de escolaridade dos colaboradores não era tido como algo importante para as construtoras, que internamente até tratavam isso como uma “vantagem”, já que com o baixo grau de escolaridade era mais fácil dominar os colaboradores e impor as exigências e vontades dos responsáveis, além de pagar salários baixíssimos para esses trabalhadores.

Porém a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli – USP) realizou um estudo sobre os trabalhadores da construção civil, sendo que esse estudo foi encomendado pela Associação Brasileira de Indústria de Materiais de Construção (ABRAMAT). O estudo em questão abrangeu os trabalhadores formais e informais, e chegou à conclusão de que para que esses trabalhadores terem em seu currículo no mínimo quatro anos de ensino, seria preciso que ao menos quinhentos mil trabalhadores obtivessem essa capacitação. Já para que eles tivessem o ensino médio completo, seria necessário oferecer a capacitação a mais de um milhão de trabalhadores.

Outro dado preocupante desse estudo foi a porcentagem de trabalhadores informais. Um trabalhador informal é aquele que não tem nenhum vínculo com a empresa, e, por consequência, não tem direito a esses investimentos educacionais. A porcentagem de trabalhadores informais na construção civil no Brasil ultrapassa os 50%, ou seja, mais da metade dos trabalhadores não tem direito a esses investimentos por parte da empresa.

No entanto, verifica-se que o emprego desse tipo de trabalhador ocorre em todas as faixas de rendimento, inclusive nas camadas de alto poder aquisitivo, principalmente em serviços empreendidos em sistema de autogestão pelos próprios proprietários ou inquilinos. [...]É pouco comum, nesses casos, que o contratante exija que o prestador de serviço tenha uma situação regular do ponto de vista jurídico, atue por meio de uma empresa, requeira a emissão de Nota Fiscal, ou faça contrato de trabalho ou, ainda, que solicite comprovação de sua competência, isto é, uma certificação profissional. (CARDOSO; BARROS; CASTRO; OHNUMA; BONFIM; HAITO; COELHO, 2007, p. 36)

Um dos principais fatores que levaram a esse problema foi a época conhecida como “perdida” da construção no Brasil. Essa época durou mais de duas décadas, e foi intitulada de “perdida” por haver uma estagnação das inovações técnicas e tecnológicas e também dos investimentos. Isso começou a ocorrer em 1986, quando o governo Sarney decidiu destituir o Banco Nacional de Habitação (BNH), sendo que este era o órgão responsável por definir as políticas e diretrizes dos grandes projetos. Essa medida tomada pelo governo Sarney, em conjunto com o plano cruzado (onde houve o congelamento dos preços e dos salários), diminuiu consideravelmente os investimentos no setor da construção civil, que chegou a ter seu desenvolvimento praticamente zerado. Sendo assim, a construção civil no país não se desenvolvia, e grande parte da mão de obra no setor acabou migrando para o setor de metalurgia. O cenário só voltou a ficar favorável em 2008, quando o BNH voltou a operar, e houve um crescimento na construção civil no Brasil. Nessa época, as empresas cresceram muito e os investimentos passaram a ser cada vez maiores. Um exemplo disso foi um projeto criado no governo Lula, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Mas o cenário dos trabalhadores do setor permaneceu o mesmo, já que a capacitação necessária para todos os trabalhadores não tem como ocorrer em um curto espaço de tempo.

Porém, nos últimos anos, o desenvolvimento de técnicas e tecnologias finalmente chegou ao setor no Brasil, trazendo vantagens para os trabalhadores. Essas técnicas e ferramentas auxiliam na execução do serviço, tornando-o mais simples e fácil de se executar, além de economizar tempo. Porém, também exigem mais conhecimento por parte dos operários. Os processos passaram a ter muito mais detalhes e precisão, a leitura dos projetos e também a execução dos mesmos passaram a ser muito mais exatos. Portanto, os trabalhadores com baixo grau de escolaridade muitas vezes têm dificuldades para interpretar as informações e executar os serviços de maneira correta. Isso acarreta também em situações contraditórias numa obra, onde se encontram mestres-de-obras analfabetos e outros com completo domínio de computadores e tecnologias.

Com isso chega-se à conclusão de que a necessidade de um maior nível de escolaridade para a mão de obra no Brasil é enorme, já que só assim a construção civil pode crescer cada vez mais no país com o auxílio dessas novas ferramentas e técnicas que vêm sendo desenvolvidas ao longo dos últimos anos. Essa capacitação deve ser oferecida pelas próprias construtoras, já que se for feita uma análise mais profunda, isso seria benéfico para a própria construtora, tendo em vista que um trabalhador desqualificado pode vir a atrasar o andamento da obra ou até mesmo cometer erros por causa de sua falta de instrução. Além disso, para ser competitiva no mercado de trabalho, a empresa deve possuir o selo de qualidade da série ISO

9000, sendo que neste selo está previsto que o treinamento e capacitação dos trabalhadores é responsabilidade da empresa que busca essa certificação.

As normas ISO série 9000 (9000 a 9004) procuram justamente analisar o conceito Qualidade de forma sistêmica, debruçando-se sobretudo nas inúmeras interfaces existentes desde a concepção da ideia até a concretização do produto, considerando ainda os inúmeros fatores materiais (insumos básicos, equipamentos, processos), humanos (treinamento, remuneração, motivação) e gerenciais (responsabilidades, custos, comunicação, etc.) que nela interferem. (THOMAZ, 2001, p. 43)

As situações presentes nos dias de hoje, como serventes na função de pedreiro ou carpinteiro ou trabalhadores exercendo uma certa função sem ter o estudo necessário, têm como tendência diminuir cada vez mais e eventualmente acabar, já que a grande maioria dos trabalhadores sem especializações podem não entrar no ritmo do desenvolvimento da construção civil, se tornando trabalhadores com métodos obsoletos.

Conclui-se também que o crescimento da capacitação dos trabalhadores deve ter um ritmo duas vezes maior do que o aumento do investimento e do crescimento do setor de construção, tendo em vista que a mesma se encontra muito atrasada quando relacionada ao desenvolvimento da tecnologia. Assim, os trabalhadores que obtiverem essa capacitação e buscarem se preparar cada vez mais tem como consequência salários cada vez maiores para a função que exercem, já que as exigências para a profissão também vêm crescendo. Além disso, as empresas disputarão esses profissionais, o que eleva a procura por uma oferta menor, aumentando os salários.

9 CONCLUSÃO

A análise de custo-benefício executada no estudo de caso leva a concluir que a utilização das novas técnicas e tecnologias é vantajosa para o setor da construção civil. Algumas máquinas não apresentam o custo-benefício adequado para a obra em questão devido ao porte da mesma, mas uma análise análoga em projetos maiores, mostra que elas são benéficas para a construtora, seja na questão do tempo ou do dinheiro, aumentando os lucros. Outro fator é que essas novas ferramentas proporcionam serviços mais bem executados, elevando a qualidade da obra e otimizando o tempo utilizado para as etapas em questão. Isso tudo agrega também no valor da marca da construtora, já que assim os clientes ficam cada vez mais satisfeitos, e sua propaganda vai ajudar na imagem da construtora.

O custo indireto da obra diminuiu, aumentando a eficácia e velocidade de sua execução quando comparada às obras tradicionais. Além disso, conclui-se que os custos indiretos podem ser determinantes na hora de elaborar o orçamento da obra, já que um alto custo indireto pode ocasionar um grande prejuízo no final da execução da mesma. Isso faz com que o aumento da velocidade de execução e eficácia precisem ser cada vez maiores, apresentando um alto padrão de qualidade e evitando a necessidade dos retrabalhos, que atrasam ainda mais as obras e também elevam os custos por conta da utilização de mais materiais do que o previsto.

Em contrapartida, as empresas ainda não assimilaram essa ideia e se mostram relutantes em adquirir essas ferramentas e utilizá-las em seus empreendimentos por conta do alto custo. Mas esse trabalho mostrou que o alto custo inicial relativo a obtenção dessas ferramentas acaba se pagando ao longo do tempo por conta das economias geradas. Outro argumento utilizado pelas construtoras é que a mão de obra não tem capacidade de utilizar esses equipamentos, porém cabe às construtoras instruir os trabalhadores e capacitá-los para que possam utilizá-los. Isso também acaba se pagando com o tempo, já que profissionais mais capacitados tendem a diminuir a margem de erro em seus serviços e aumentar o padrão de qualidade, ajudando financeiramente (evitando retrabalhos) e também na imagem da construtora.

Em suma, a chegada das novas técnicas e ferramentas no campo da construção civil podem ajudar em inúmeras áreas da sociedade como um todo, e mesmo que o custo inicial no ato da compra seja elevado, o retorno obtido, tanto financeiramente quanto qualitativamente, é positivo, tornando esse investimento viável e benéfico.

REFERÊNCIAS

- ADDIS, B. **Edificação: 3000 anos de projeto, engenharia e construção**. 1ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 640 p.
- CARDOSO, A.; MAIA, B; SANTOS, D; NEVES, J; MARTINS, M. **BIM: o que é?** Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013. Disponível em <paginas.fe.up.pt/~projfeup/bestof/12_13/files/REL_12MC08_01.PDF>, acessado em 07/12/2016
- CARDOSO, F. F.; BARROS, M. M. S. B; CASTRO, C. C.; OHNUMA, D. K.; BONFIM, V; HAITO, R. J. J. O.; COELHO, L. O. **Capacitação e Certificação Profissional na Construção Civil e Mecanismos de Mobilização da Demanda**. USP, 2007. 155 p. Disponível em <www.abramat.org.br/datafiles/publicacoes/poli-abramat.pdf>, acessado em 07/12/2016
- KASSEM, M.; AMORIM, S. **BIM: building information modeling no Brasil e na União Europeia**. Brasília, 2015. 162 p. Disponível em <sectordialogues.org/sites/default/files/acoes/documentos/bim.pdf>, acessado em 07/12/2016
- MIRANDA, A. C. O.; MATOS, C. R. **Potencial uso do BIM na fiscalização de obras públicas**. 2015. 10 p. Disponível em <revista.tcu.gov.br/ojs/index.php/RTCU/article/viewFile/1302/1381>, acessado em 07/12/2016
- OLIVEIRA, J. S. **Custos na construção civil brasileira**. UFSC, 2011. Disponível em <<http://tcc.bu.ufsc.br/Economia298986>>, acessado em 29/8/2016
- SEMAR. **A História das ferramentas**. Disponível em <<http://www.semar.com.br/historiaferramentas.htm>>, acessado 25/06/2016
- SOUZA, A. C.; ROHLER, E.; SPECK, H. J.; SCHIEDT, J. A.; SILVA, J. C.; GÓMEZ, L.A. **AutoCAD 2004 guia prático para desenhos em 2D**. 1ª ed. Florianópolis: EdUFSC, 2005. 301 p.
- THOMAZ, E. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. 1ª ed. São Paulo: PINI, 2001. 449 p.
- VARELLA, C. A. A. **Histórico e desenvolvimento dos motores de combustão interna**. UFRRJ. Disponível em <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e_tratores/Aulas/historico_e_desenvolvimento_dos_motores.pdf>, acessado em 07/12/2016