



**IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS INCOMPATIBILIDADES ENTRE PROJETOS
ARQUITETÔNICOS E ESTRUTURAIS EM CONCRETO ARMADO EM OBRAS
PÚBLICAS, PADRÃO ESCOLAR**

SÃO PAULO
2012



CARLOS GONZALEZ HERNANDEZ

IVONE PEREIRA DE ALMEIDA

OSNI CARLOS WULF

**IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS INCOMPATIBILIDADES ENTRE PROJETOS
ARQUITETÔNICOS E ESTRUTURAIS EM CONCRETO ARMADO EM OBRAS
PÚBLICAS, PADRÃO ESCOLAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós Graduação em Patologia das Obras Civas, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Patologia nas Obras Civas.

Orientador: Prof. Msc. Luís César De Luca.

SÃO PAULO
2012

AGRADECIMENTOS

Ao engenheiro civil Prof. Msc. Luís César De Luca pela paciência, objetividade e valiosa orientação deste trabalho.

FOLHA DE APROVAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS INCOMPATIBILIDADES ENTRE PROJETOS ARQUITETÔNICOS E ESTRUTURAIS EM CONCRETO ARMADO EM OBRAS PÚBLICAS PADRÃO ESCOLAR

Por

CARLOS GONZALEZ HERNANDEZ

IVONE PEREIRA DE ALMEIDA

OSNI CARLOS WULF

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO
DE ESPECIALISTA EM PATOLOGIA NAS OBRAS CIVIS, DO INSTITUTO IDD, PELA
COMISSÃO FORMADA PELOS PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

São Paulo 8 de dezembro de 2012.

Luís César De Luca, M.Sc.

Emílio Minoru Takagi, M.Sc.

Ricardo dos Santos Arnaldo de Alencar, M.Sc.

RESUMO

Este trabalho objetiva identificar as falhas dos projetos arquitetônicos e estruturais em concreto armado de obras públicas destinadas a escolas, analisando as suas discrepâncias por incompatibilidade e que podem originar anomalias executivas. Os projetos de obras públicas devem atender à Lei 8.666/93, que estabelece regras para licitações na administração pública. Entretanto, equívocos na interpretação da Lei, acrescido de outros fatores apresentados neste estudo, faz com que haja projetos falhos, incompletos, que antecipam vícios construtivos, podendo provocar anomalias, falhas e possíveis colapsos estruturais durante e no pós obra, além da diminuição de sua vida útil. A metodologia de análise, para a identificação das falhas, será através da verificação direta de frequência de compatibilidade, entre os projetos de arquitetura e os projetos estruturais em concreto armado, excluindo os projetos complementares, em função de que a ocorrência de especificidades de cada obra, em princípio, poderia comprometer e dispersar o foco de análise e o objeto deste trabalho. São analisados doze projetos de obras, cujos autores e locais estão mantidos em máscara, e após a averiguação das incompatibilidades, foram obtidos índices entre 6 a 20% de frequência na repetição de suas características. Este resultado, ainda que não encerre a questão, permite afirmar que esse conhecimento poderá contribuir para evitar falhas dessa natureza em novos projetos e abre espaço para estudos mais profundos e complementares.

Palavras chave: projetos, compatibilização de projetos, arquitetura, estruturas de concreto, escolas, obras públicas.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Corte Transversal do Panteão, Roma d.C. 123.....	40
Figura 2. Coliseu Romano d.C. 79.....	41
Figura 3. Remanescente de uma das Canoas de Lambot.....	42
Figura 4. Primeira Ponte em Concreto Armado do Estado de São Paulo.....	45
Figura 5. Origem dos Fatores que Implicam em Manifestações Patológicas Relacionadas às Etapas de Produção e Uso de Obras Civas.....	56
Figura 6. Origem de Patologias e Mau Funcionamento das Edificações.....	57
Figura 7. Distribuição Percentual da Origem das Falhas Registradas em Diversas Obras Civas.....	58
Figura 8. Estimativa da Temperatura Superficial de Lajes e Paredes Expostas à Radiação, em °F.....	63
Figura 9. Exemplificação da Incompatibilidade 1 e 4.....	72
Figura 10. Exemplificação da Incompatibilidade 3.....	74
Figura 11. Exemplificação da Incompatibilidade 5.....	75
Figura 12. Exemplificação da Incompatibilidade 6.....	76
Figura 13. Exemplificação da Incompatibilidade 7 e 8.....	77
Figura 14. Exemplificação da Incompatibilidade 7 e 8.....	78
Figura 15. Exemplificação da Incompatibilidade 9.....	79
Figura 16. Frequência Total por Divergência.....	101
Figura 17. Frequência de Ocorrências por Tipologia %.....	102
Figura 18. Frequência de Ocorrências por Projeto.....	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classes de Agressividade Ambiental.....	52
Tabela 2. Correspondência entre Classe de Agressividade e Qualidade do Concreto.....	53
Tabela 3. Principal Atividade da Empresa.....	56
Tabela 4. Identificação de Projetos e Profissionais Projetistas.....	70
Tabela 5. Verificação de Incompatibilidade Arquitetônico x Estrutural – “A”	80
Tabela 6. Verificação de Incompatibilidade Arquitetônico x Estrutural – “B”	82
Tabela 7. Verificação de Incompatibilidade Arquitetônico x Estrutural – “C”	83
Tabela 8. Verificação de Incompatibilidade Arquitetônico x Estrutural – “D”	85
Tabela 9. Verificação de Incompatibilidade Arquitetônico x Estrutural – “E”	86
Tabela 10. Verificação de Incompatibilidade Arquitetônico x Estrutural – “F”	88
Tabela 11. Verificação de Incompatibilidade Arquitetônico x Estrutural – “G”	89
Tabela 12. Verificação de Incompatibilidade Arquitetônico x Estrutural – “H”	91
Tabela 13. Verificação de Incompatibilidade Arquitetônico x Estrutural – “I”	92
Tabela 14. Verificação de Incompatibilidade Arquitetônico x Estrutural – “J”	94
Tabela 15. Verificação de Incompatibilidade Arquitetônico x Estrutural – “K”	95
Tabela 16. Verificação de Incompatibilidade Arquitetônico x Estrutural – “L”	97
Tabela 17. Compilação Geral de incompatibilidades verificadas.....	99
Tabela 18 – Percentual de falhas por projeto.....	100

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	2
FOLHA DE APROVAÇÃO.....	3
RESUMO.....	4
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	5
LISTA DE TABELAS.....	6
SUMÁRIO.....	7
1. INTRODUÇÃO.....	09
1.1. PROBLEMA DA PESQUISA.....	10
1.2. OBJETIVOS.....	10
1.2.1. Objetivo Geral.....	10
1.2.2. Objetivos Específicos.....	10
1.3. JUSTIFICATIVAS.....	10
1.3.1. Tecnológicas.....	11
1.3.2. Econômicas.....	11
1.3.3. Sociais.....	11
1.3.4. Ecológicas.....	11
1.4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1. PROJETO.....	13
2.1.2. A Importância do Projeto.....	14
2.1.2. O Conceito de Projeto.....	15
2.1.3. O Desenvolvimento do Projeto.....	17
2.1.4. Etapas do Projeto.....	19
2.1.5. A Influência do Projeto no Custo Total do Empreendimento.....	23
2.1.6. Controle de Qualidade do Projeto.....	24
2.2. O PROJETO ARQUITETÔNICO.....	26
2.2.1. Roteiro Básico do Projeto Arquitetônico.....	27
2.2.1.1. O Estudo Preliminar.....	27
2.2.1.2. O Anteprojeto.....	30
2.2.1.3. O Projeto de Aprovação.....	32
2.2.1.4. O Projeto de Execução.....	33
2.2.1.5. Assistência à Execução da Obra.....	37
2.3. O PROJETO ESTRUTURAL DE CONCRETO ARMADO.....	39
2.3.1. Histórico do Concreto Armado.....	39

2.3.2. Desenvolvimento no Mundo.....	41
2.3.3. Desenvolvimento no Brasil.....	44
2.3.4. Evolução da Normatização.....	49
2.3.5. Elementos Componentes da Estrutura.....	53
2.3.6. Etapas do Projeto Estrutural.....	54
2.4. COMPATIBILIZAÇÃO E INCOMPATIBILIDADES.....	55
2.4.1. Incidência de Falhas e Anomalias.....	55
2.4.2. O Projeto de Obras Públicas.....	58
2.4.3. Falhas que Ocorrem na Fase de Projeto.....	59
2.4.4. Manifestações Patológicas Originadas em Projeto.....	61
2.4.4.1. Manifestações Patológicas Decorrentes de Erros no Projeto.....	62
3. LEVANTAMENTO DE INCOMPATIBILIDADES.....	69
3.1. APRESENTAÇÃO.....	69
3.2. COLETA DE DADOS.....	69
3.2.1. Projeto “A”.....	80
3.2.2. Projeto “B”.....	81
3.2.3. Projeto “C”.....	83
3.2.4. Projeto “D”.....	85
3.2.5. Projeto “E”.....	86
3.2.6. Projeto “F”.....	88
3.2.7. Projeto “G”.....	89
3.2.8. Projeto “H”.....	91
3.2.9. Projeto “I”.....	92
3.2.10. Projeto “J”.....	93
3.2.11. Projeto “K”.....	95
3.2.12. Projeto “L”.....	96
4. ANÁLISE DE RESULTADOS.....	100
4.1. QUALIDADE DO PROJETO.....	100
4.2. FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIAS.....	101
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho versa sobre imperfeições técnicas e sua origem principal: as pranchetas e aqueles que sentam diante delas colocando seu saber a serviço da engenharia, contudo, podendo, muitas vezes, produzir projetos com divergências.

Muito tem se falado, estudado e aplicado no que diz respeito ao controle de qualidade de obras, suas bases teóricas e sua aplicabilidade, visando agregar desempenho econômico através do melhor desempenho técnico.

Mas, quando a construção se volta para o setor público e aplicam-se as variáveis “obras públicas” e “baixo custo”, esquecem-se todos os conceitos e estudos, dando início a edificações em que, em muitos casos, as mínimas premissas de vida útil de projeto são desrespeitadas, em prejuízo ao contribuinte e à engenharia nacional.

Sabe-se que obras públicas são geridas pela Lei 8.666/93 que, em seu Artigo 6º, Item IX, define a forma de representação da obra pelo projeto básico, como segue:

Conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução.

Diante desta definição, expressa semanticamente de forma a cumprir a função de um conceito geral, há que se considerar que é passível de ser decodificada e reinterpretada subjetivamente e, ainda, condicionada às especificidades de autoria, por isso a razão deste trabalho no qual serão demonstradas as principais incompatibilidades entre projetos de arquitetura e estruturais de concreto armado em obras públicas que, por uma questão de recorte de trabalho, restringir-se-á aos projetos destinados à educação. As incompatibilidades de projeto serão levantadas a partir da análise de doze projetos de obras públicas, em que se constatarem deficiências técnicas geradas em sua origem, ou seja, na fase de elaboração do projeto.

Neste trabalho, excluíram-se a análise das falhas de execução ou deficiência de materiais, focando apenas a fase inicial de desenvolvimento e compatibilização dos projetos de arquitetura e dos projetos estruturais, deixando para

análises futuras, em outros trabalhos, os demais sistemas, tais como elétrica, hidráulica e projetos complementares.

1.1. PROBLEMA DA PESQUISA

Qual a frequência das principais incompatibilidades entre projetos arquitetônicos e estruturais em concreto armado em obras públicas, padrão escolar?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Identificar a frequência das principais incompatibilidades em projetos arquitetônicos e estruturais em concreto armado, por meio da análise direta de projetos.

1.2.2. Objetivos Específicos

São alguns objetivos específicos da pesquisa:

- a) Identificar as principais incompatibilidades tomando, como base, diversos elementos amostrais existentes, selecionados em diversos municípios;
- b) Analisar a frequência com que ocorrem as incompatibilidades mais comuns.

1.3. JUSTIFICATIVAS

1.3.1. Tecnológicas

Diante da diversidade dos métodos construtivos existentes, os órgãos públicos, exceção às obras de forte impacto, nos processos licitatórios, não definem, de forma precisa, quais tecnologias serão adotadas, gerando dificuldade de abordar todo o processo executivo de construção de edifícios escolares, gerando discrepâncias entre projetos e execução, e, conseqüente má aplicação tecnológica aos objetivos.

Conforme Paulo Helene, cerca de 40% das falhas e anomalias encontradas no pós-obra, têm origem em falhas provenientes do Planejamento e Projetos (Grunau 1981 apud HELENE, 1992, p.22 - MAWAKDYE (1993).

1.3.2. Econômicas

Conforme Helene (1992), o dado estatístico de que 40% das obras padecem de falhas e anomalias provenientes já na fase de projeto, institucionalizam-se, aqui, as perdas financeiras que ocorrerão, seguramente, na execução da obra, que serão repassadas ao cliente, e no caso de obras públicas, aos contribuintes. A elaboração de projetos compatibilizados leva a especificações e controles precisos, evitando desperdícios financeiros.

1.3.3. Sociais

Os custos de execução e revisão dos projetos e o planejamento bem executado são irrisórios, no contexto geral da obra, diminuindo prazos e aditivos corretivos e executivos, colocando, nos devidos prazos, o bem público à disposição do contribuinte.

1.3.4. Ecológicas

A sensível diminuição de perdas e desperdícios de materiais e energia, durante as obras, produz importante redução no impacto ambiental.

1.4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Por meio da análise amostral de projetos de obras já edificadas, serão identificadas as principais incompatibilidades entre projetos arquitetônicos e estruturais em concreto armado em obras públicas, padrão escolar, construídas em diversos municípios do Estado de São Paulo e de autoria de projetistas diversos.

Definidos os elementos provenientes de falhas nos projetos, arquitetônicos e estruturais (não serão analisados os outros projetos que compõem o conjunto da obra completa), serão relacionadas as incompatibilidades, que possam originar falhas construtivas, independentemente do número de ocorrências no mesmo projeto, pois as dimensões e complexidade das obras não são necessariamente semelhantes.

Cabe salientar que, por se tratarem de obras públicas, não houve autorização para a realização deste estudo, não tendo sido considerado necessário identificar os projetistas e os locais de situação das obras. Assim, este procedimento será adotado como padrão neste trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresentará a revisão bibliográfica para o conhecimento de quem são os autores que têm produção científica no tema desenvolvido.

Como identificar as falhas estruturais nos projetos a fim de que se evitem manifestações patológicas?

Há autores que afirmam que mais de 40% das falhas e anomalias, encontradas no pós-obra, têm origem em falhas provenientes do Planejamento e Projetos (Grunau 1981 apud HELENE, 1992, p.22 - MAWAKDYE (1993). Ainda segundo a mesma fonte, considerando que destes cerca de 10% são obras públicas, ou seja, executadas com verbas públicas, é de se destacar que o volume de falhas e anomalias, pelo caráter público das obras, sejam maquiados, visto que é visível, no noticiário e na observação cotidiana, a curta vida útil das edificações deste segmento, provocadas por falhas construtivas diversas.

2.1. PROJETO

Como o objetivo deste estudo é analisar a participação do projeto arquitetônico e suas interrelações com o projeto estrutural de concreto armado, especificamente em obras públicas destinadas a serem estabelecimentos de ensino, torna-se, a princípio, fundamental a inclusão de uma obra de referência em gestão de projetos: o Guia Project Management Body of Knowledge, também conhecido como PMBOK.

O PMBOK é um conjunto de práticas em gestão de projetos, ou gerenciamento de projetos, publicado pelo Project Management Institute (PMI), e constitui a base do conhecimento em gerenciamento de projetos desse Instituto. O Guia identifica o subconjunto do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos, amplamente reconhecido como boa prática na maioria dos projetos na maior parte do tempo. Para o PMBOK, projeto é um: “esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. Os projetos e as operações diferem, principalmente, no fato de que os projetos são temporários e exclusivos, enquanto as operações são contínuas e repetitivas.”(Guia PMBOK - 2009).

Ainda segundo o PMBOK (2009), os projetos emanam, geralmente, de um conjunto de uma ou mais considerações estratégicas. Estas podem ser uma

necessidade de mercado, organizacional, solicitação de um cliente, avanço tecnológico ou requisito legal.

As principais características dos projetos são:

- Temporários, possuindo um início e um fim definidos;
- Planejados, executados e controlados;
- Entregam produtos, serviços ou resultados exclusivos;
- Desenvolvidos em etapas e continuam por incremento com uma elaboração progressiva;
- Realizados por pessoas;
- Com recursos limitados.

2.1.1. A Importância do Projeto

Segundo Vanni (1999), quando se fala em qualidade na construção civil, é recorrente associá-la à ideia da baixa qualidade da mão de obra e de condições precárias dos canteiros. Poucos sabem que essas características representam apenas uma parcela das dificuldades enfrentadas. Em todo o mundo, até mesmo nos países desenvolvidos, observa-se que problemas, em relação à qualidade, são provenientes de falhas de projeto, mesmo considerando que o tempo de seu desenvolvimento seja igual ao tempo de execução da obra.

MERLI (1993) destaca que a indústria japonesa, considerada líder em qualidade, vem aplicando controles de qualidade na fase de projeto visando o produto final.

CAMBIAGHI (1992) afirma que as necessidades dos empreendedores, em executar suas obras em um curto período de tempo, para aproveitamento de situações favoráveis economicamente, têm levado à diminuição do tempo de desenvolvimento dos projetos, para pensar, refletir, planejar, aferir e optar por melhores alternativas ou soluções técnicas, isto tudo em prejuízo à qualidade do projeto, levando à desvalorização e falta de reconhecimento de sua importância efetiva.

AUSTIN et al. (1994) também consideram que a falta de um planejamento e organização do projeto acabam por fornecer informações incongruentes e insuficientes, resultando em falhas e soluções inadequadas.

Neste estudo, parte-se do princípio que a atividade de projeto tem relevância especial e é neste sentido que será dada ênfase quanto ao seu conceito, desenvolvimento e interrelacionamento com as demais atividades do processo de produção de edifícios.

2.1.2. Conceito de Projeto

Há, na literatura, vários conceitos de projeto, mas, para fins deste estudo, selecionamos os que melhor se aplicam para se ter a fundamentação necessária do que é “projeto” na construção de edifícios.

Segundo STUKHART (1987), o termo projeto pode ser definido como “*a criação de desenhos e especificações que resultam na alocação de recursos para realizar um empreendimento*”.

O projeto deve ser encarado como informação, a qual pode ser de natureza tecnológica (como no caso de indicações de detalhes construtivos ou locação de equipamentos), ou de cunho puramente gerencial – sendo útil ao planejamento e programação das atividades de execução, ou que a ela dão suporte (como no caso de suprimentos e contratações de serviços) (MELHADO, 1994).

Na construção de edifícios, projeto tem sido tratado apenas como um componente legal para a viabilização do processo, esquecendo-se que é, indispensável, a associação do projeto à construção propriamente dita. Assim sendo, no momento atual, ele tem tido um tratamento de cunho meramente complementar, quando deveria ocupar o papel principal, norteador todo o processo. Entretanto, não podemos esquecer que o projeto não pode ser encarado apenas como um “desenho”, mas como um processo, no caso, a atividade de construir (MELHADO, 1998).

A distorção da percepção do projeto, em parte, é causada por vícios institucionalizados na engenharia brasileira, cuja origem pode emergir de uma interpretação equivocada da Lei 8666/93, que, em seu Artigo 6º, Item IX, define a forma de representação da obra pelo projeto básico, como segue:

IX – Projeto Básico – conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução, devendo conter os seguintes elementos:

- a) desenvolvimento da solução escolhida de forma a fornecer visão global da obra e identificar todos os seus elementos constitutivos com clareza;
- b) soluções técnicas globais e localizadas, suficientemente detalhadas, de forma a minimizar a necessidade de reformulação ou de variantes durante as fases de elaboração do projeto executivo e de realização das obras e montagem;
- c) identificação dos tipos de serviços a executar e de materiais e equipamentos a incorporar à obra, bem como suas especificações que assegurem os melhores resultados para o empreendimento, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;
- d) informações que possibilitem o estudo e a dedução de métodos construtivos, instalações provisórias e condições organizacionais para a obra, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;
- e) subsídios para montagem do plano de licitação e gestão da obra, compreendendo a sua programação, a estratégia de suprimentos, as normas de fiscalização e outros dados necessários em cada caso;
- f) orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços e fornecimentos propriamente avaliados.

No entanto, em Engenharia, o conceito de projeto básico envolve a totalidade dos projetos necessários para o desenvolvimento de uma obra, desde o projeto executivo de arquitetura e os demais projetos detalhados, tais como projetos estruturais, projetos elétricos e hidráulicos, etc.

Quando da aplicação da Lei 8.666/93, muitos gestores públicos, por vezes leigos, interpretam o termo "projetos básicos" como projetos mínimos, amparados em parte na Lei (Art.6º - item IX) que diz "conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço". Estes projetos, muitas vezes não passam de meros estudos de projetos, o que levam inevitavelmente a distorções em todas as fases da obra.

Outro exemplo da ocorrência de vício institucionalizado é o que decorre do artigo 9º, que, apesar da vedação legal, permite que a licitação inclua a elaboração de projetos executivos e complementares em seu escopo, ou seja, a execução dos projetos acaba se realizando em concomitância com a execução da obra, o que pode induzir os gestores ao erro, em decorrência dos prazos de obra, e dificultam a compatibilização, visto que a obra está em pleno andamento.

ART 9º - Não poderá participar, direta ou indiretamente, da licitação ou da execução de obra ou serviço e do fornecimento de bens a eles necessários:

I - o autor do projeto, básico ou executivo, pessoa física ou jurídica;

II - empresa, isoladamente ou em consórcio, responsável pela elaboração do projeto básico ou executivo ou da qual o autor do projeto seja dirigente, gerente, acionista ou detentor de mais de 5% (cinco por cento) do capital com direito a voto ou controlador, responsável técnico ou subcontratado; III - servidor ou dirigente de órgão ou entidade contratante ou responsável pela licitação.

§ 1º É permitida a participação do autor do projeto ou da empresa a que se refere o inciso II deste artigo, na licitação de obra ou serviço, ou na execução, como consultor ou técnico, nas funções de fiscalização, supervisão ou gerenciamento, exclusivamente a serviço da administração interessada.

§ 2º O disposto neste artigo não impede a licitação ou contratação de obra ou serviço que inclua a elaboração de projeto executivo como encargo do contratado ou pelo preço previamente fixado pela administração.

§ 3º Considera-se participação indireta, para fins do disposto neste artigo, a existência de qualquer vínculo de natureza técnica, comercial, econômica, financeira ou trabalhista entre o autor do projeto, pessoa física ou jurídica, e o licitante ou responsável pelos serviços, fornecimentos e obras, incluindo-se os fornecimentos de bens e serviços a estes necessários.

§ 4º O disposto no parágrafo anterior aplica-se aos membros da comissão de licitação.

2.1.3. O Desenvolvimento do Projeto

Como em outras indústrias, na construção de edifícios, os projetos têm um papel fundamental na qualidade e eficiência do produto final do sistema de produção. Ocorre que, na construção civil, os projetos têm sido tratados de forma secundária, em que os projetistas, das diversas áreas, são, em sua maioria, contratados por critérios meramente econômicos.

Outra característica dos projetos no setor é que eles são orientados para a definição do produto, sem considerar adequadamente as implicações quanto à produção das soluções adotadas inicialmente. Mesmo as especificações e detalhamentos de produto, muitas vezes, são incompletas e falhas, e vão sendo resolvidas no decorrer da obra, momento em que as equipes de produção acabam decidindo determinadas características não previstas em projeto.

Pelo fato da Arquitetura e Engenharia terem vários projetos específicos – arquitetura, estruturas, instalações hidráulicas, elétricas e telefônicas, gás e outros – estes são desenvolvidos por diferentes profissionais. O projeto arquitetônico é, na maioria das vezes, a fonte de informação para os projetos complementares, e por esse motivo tem que ser bem elaborado e detalhado para que os diversos profissionais não façam diferentes interpretações.

Normalmente, o projeto arquitetônico é desenvolvido por um arquiteto e, posteriormente, é avaliado e apreciado pelos órgãos competentes, avaliando-se as especificações contidas nos Códigos de Obras ou legislação reguladora. A partir desta avaliação e posterior aprovação, são elaborados os demais projetos necessários à execução da obra.

Nesta fase, são feitas as alterações visando a compatibilização, frequentemente com a obra já em início de execução, o que dificulta, e muito, a sua realização e integração com os demais projetos específicos. Assim sendo, o projeto arquitetônico é elaborado sem a intervenção e contribuição dos demais profissionais que necessariamente compõem o processo integral. O resultado da ausência dessa atuação, em conjunto e tempestiva à elaboração do projeto, é um projeto arquitetônico mal definido, mal especificado e com riscos de conter um grande número de falhas, o que eleva, consequentemente, o custo final da obra.

Para minimizar essas ocorrências, dever-se-ia proporcionar um maior relacionamento entre todos os agentes intervenientes além de:

- Incrementar a utilização de novas tecnologias construtivas;
- Analisar, com acuidade, os possíveis fornecedores de insumos e mão-de-obra;
- Controlar o cumprimento dos prazos previstos de entrega de materiais e serviços;
- Concentrar esforços, visando envolver os responsáveis pelos projetos complementares, nas decisões e discussões durante a execução da obra;
- Efetuar um detalhamento minucioso dos projetos, facilitando a sua leitura e compreensão.

Normalmente, um projeto só atenderá perfeitamente às expectativas, se for acompanhado por um documento escrito, de forma precisa, completa e ordenada, denominado Discriminação Técnica, que deverá descrever os materiais de construção e os locais onde serão aplicados, determinando as técnicas exigidas para o seu emprego. Este documento não pode ser confundido com o Memorial Descritivo, que é o resumo da parte ou totalidade destas discriminações técnicas, designado para cumprir uma finalidade específica qualquer, mas não para complementar realmente o projeto (SCHMITT, 1999).

Deve-se ter em mente que as discriminações técnicas são parte integrante entre os intervenientes no processo de execução de obras de construção civil. Isso permite exigir, do responsável técnico pelo projeto, um grande esforço para caracterizar todos os aspectos da melhor forma possível, incluindo a escolha de materiais pela indicação de marca, modelo e todos os pormenores que definem, de forma clara, a qual material de construção está se referindo. Com a adoção deste documento, as empresas não poderão utilizar materiais diferentes daqueles especificados.

É comum a utilização, na descrição de materiais, do termo “similar”, abrindo ao construtor a opção por utilização de materiais diferentes, ou em desconformidade do especificado, que resultará, na maioria das vezes, na perda da qualidade final do produto, neste caso, uma edificação, ou uma obra civil. Para além disso, ao evitar estas falhas, haverá uma redução no desperdício de material, bem como no custo do retrabalho necessário para adequar a edificação em conformidade com as exigências de durabilidade e qualidade contidas na legislação brasileira. Como nem sempre há uma norma técnica, que permita avaliar com segurança e precisão a real similaridade, torna-se difícil avaliar se um produto é de fato similar a outro, por isso é fundamental que esteja discriminado, como exigência indiscutível, desde a fase de projeto, o que, em últimas palavras, resultará em economia e garantia de qualidade.

Reduzindo-se essas falhas que devem ser previstas já na fase de projeto, seguramente, evitando que o canteiro receba material em não conformidade, já se tem uma redução do desperdício de material e retrabalho, resultando em melhores rendimentos econômicos.

2.1.4. Etapas do Projeto

A elaboração de projeto de empreendimento de construção de edifícios é uma atividade complexa. Esta atividade deve ser desenvolvida por equipes multidisciplinares e interfuncionais, obrigatoriamente, interdependentes, devendo seguir uma série de etapas. O resultado final desse processo é a criação de um produto que atenda aos requisitos preestabelecidos.

Para MELHADO (1994), o processo de projeto é composto por diferentes atividades, ou fases, e segue *“etapas conceitualmente progressivas, onde a liberdade de decisão entre as alternativas vai sendo gradativamente substituída pelo detalhamento das soluções adotadas”*.

Segundo SOUZA (1995), *“as etapas de projeto de uma edificação são partes sucessivas em que pode ser dividido o processo de desenvolvimento das atividades técnicas de projeto”*. Esta divisão em etapas tem como objetivos:

- a) definir o escopo e conteúdo de cada projeto;
- b) normalizar os procedimentos para a elaboração coordenada dos projetos;
- c) proporcionar o controle da qualidade dos projetos como um todo;
- d) visualizar a complexidade e a necessidade de interação entre os diversos projetos;
- e) otimizar a definição de um cronograma e o detalhamento da estimativa de custos das obras;
- f) uniformizar e padronizar os procedimentos e critérios de contratação e remuneração dos serviços.

Neste contexto, consideram-se como etapas de projeto (ABNT, NBR-12722, 1992 – Discriminação de Serviços para a construção de edifícios):

- a) Levantamento das informações e dos dados no início do processo de elaboração de projetos constitui-se, bem como as condições pré-existentes e as restrições, com a finalidade de caracterizar o produto. Esta análise permite avaliar o potencial construtivo e atender aos anseios dos clientes.

Responsabilidades: documentação providenciada pelo cliente ou pelo escritório responsável pelo projeto de arquitetura.

b) Programa de necessidades – determinação das necessidades e expectativas dos usuários a serem desempenhadas pela edificação, nos aspectos qualitativos e quantitativos.

Responsabilidades: nesta etapa, as definições são sugeridas pelos clientes e complementadas pelo arquiteto.

c) Estudo de viabilidade – análise do ponto de vista técnico, legal e econômico para a concepção de projetos, com a finalidade de verificar se o programa, terreno, legislação, custos e investimentos são compatíveis com os objetivos dos clientes.

Responsabilidades: esta etapa conta com a participação de um grupo interdisciplinar composto por cliente, incorporadores, construtores e projetistas das diversas áreas.

d) Estudo preliminar – configuração da apresentação inicial do empreendimento de acordo com os dados iniciais, caracterizando a obra sob a forma de modelos volumétricos (pavimentos, número de edificações, etc.) sem uma caracterização definitiva, apenas com a finalidade de aprovação do que havia sido proposto inicialmente. Nesta etapa poderão ser analisadas várias alternativas para que se eleja aquela que dará origem ao anteprojeto.

Responsabilidades: apresentado pelo arquiteto, podendo sofrer alterações pelos clientes.

e) Anteprojeto – deve ser desenvolvido a partir do estudo preliminar pelo cliente e empreendedor. Trata-se da representação preliminar da solução adotada para o projeto, em forma gráfica, e das especificações técnicas. Este estudo é apresentado em desenhos sumários, em número e escala suficientes para perfeita compreensão, por parte do responsável pelo empreendimento. Nesta etapa devem ser considerados aspectos de tecnologia construtiva, pré-dimensionamento estrutural e de fundação e concepção dos sistemas de instalações prediais, sobretudo as instalações especiais. Deve conter informações técnicas que permitam a avaliação da qualidade do projeto e uma primeira avaliação de custo da obra.

Responsabilidades: apresentado pelo arquiteto, podendo sofrer alterações pelos clientes e projetistas das diversas áreas, inclusive projetistas específicos apoiados pelo grupo de projeto para produção.

f) Projeto legal – informações para análise e aprovação do projeto pelas autoridades competentes dos órgãos públicos, de acordo com as exigências legais (municipais e estaduais), com a finalidade de obter as licenças e os alvarás para a comercialização e execução das obras.

Responsabilidade: elaborado pelo escritório de arquitetura e pelos projetistas complementares, principalmente o projeto de combate a incêndio, no caso de aprovação de projetos. Seu encaminhamento às vezes se dá pela construtora.

g) Projeto executivo – etapa destinada à concepção e à representação final do conjunto de informações técnicas da edificação, completas, definitivas e suficientes à licitação, execução e orçamento das atividades de construção correspondentes. Os desenhos são apresentados em escala conveniente, contendo todas as informações necessárias para sua execução.

Responsabilidades: elaborado pelo escritório de arquitetura e pelos projetistas complementares e específicos com responsabilidade de atividades técnicas a serem executadas na obra.

h) Detalhes construtivos – são desenhos de todos os pormenores, em escalas maiores do que as apresentadas no projeto executivo para melhor interpretação dos detalhes a serem construídos.

Responsabilidades: elaborado pelos profissionais responsáveis pelo desenvolvimento dos projetos a serem executados em obras.

i) Projeto para produção – seu conteúdo está voltado para o apoio das atividades de planejamento e execução da obra, desenvolvido por uma equipe multidisciplinar. É o conjunto de elementos de projeto elaborados de forma simultânea ao projeto de detalhamento, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições de: disposição e sequência das atividades de obra e frentes de serviço, uso de

equipamentos; arranjo e evolução do canteiro dentre outros itens vinculados às características e recursos próprios da empresa construtora (MELHADO, 1998).

Responsabilidades: apresentado pelo arquiteto, representante do empreendedor, coordenador de projeto, pelos projetistas de todas as áreas e grupo de projeto para produção.

j) Caderno de especificações / memorial descritivo: – documento contendo todas as informações dos materiais a serem aplicados na execução do projeto, bem como sua aplicação e local, dimensões, cores, fabricantes, modelos, padrão de acabamento, etc.

Responsabilidades: desenvolvido por profissionais responsáveis qualificados para a função.

k) Projeto "as built" – é o conjunto de desenhos do projeto executivo revisados ou modificados em obra para atualização e posterior manutenção.

Responsabilidades: profissionais responsáveis pelos projetos executados em obra.

2.1.5. A Influência do Projeto no Custo Total do Empreendimento

Atualmente, toda a construção civil toma, como premissa básica, cada vez mais enraizada no setor, *"construir com qualidade e com o menor custo possível"*. (Almeida, 2008). Desta maneira, é inevitável que, ao se mencionar a palavra projeto, não consigamos nunca dissociá-la da idéia do custo total de um empreendimento, ou de uma obra. Como consequência, trabalhar o projeto, com rigor profissional, representará, na certa, economia, e, por consequência, aumento da lucratividade das empresas.

HAMMARLUND & JOSEPHSON (1992) afirmam que "as decisões tomadas nas fases iniciais do empreendimento são as que têm maior capacidade de influenciar na redução dos custos de falhas do edifício". Verifica-se que nas fases

finais de obra, o índice de falhas é maior, devido a grande variedade de frentes de serviços envolvidos, aumentando a dificuldade em resolvê-las.

Constata-se, assim, que, o custo total é estimado na fase inicial, ou seja, na etapa de estudo de viabilidade e elaboração do projeto. Desta forma, as decisões, tomadas nas fases iniciais, refletem a influência sobre os custos de construção. Isto significa que, quanto mais se avança na fase de projeto para a execução, mais difícil torna-se reduzir o custo total do empreendimento (SOUZA et al, 1995).

Observa-se, de uma maneira geral, que o projeto é elaborado em um período muito restrito, com relação a todo o processo de desenvolvimento de um empreendimento, e, neste sentido, seria necessário maior investimento, em prazo e custos, de modo a obter um projeto bem elaborado e detalhado, obedecendo a todos os critérios estabelecidos previamente. Com isso, serão eliminados atrasos no cronograma, retrabalhos, incompatibilidades entre projetos, indefinições quanto à técnica e aos materiais a serem utilizados e dificuldades de interpretação da representação gráfica adotada.

Na maioria das vezes, o projeto é encarado como um ônus que o empreendedor deve ter antes de se iniciar a obra e, desta forma, é uma despesa que deve ser minimizada ao máximo.

GARCIA MESSEGUER (1991) afirma que um bom projeto é a melhor garantia para o sucesso do empreendimento. A expectativa por uma maior qualidade do projeto deve corresponder a uma melhor remuneração dos profissionais, responsáveis por sua elaboração.

Para MELHADO et al. (1998)

O projeto assume enorme responsabilidade sobre a qualidade do produto final e satisfação dos clientes externos e internos, pois é o elemento que vai orientar a maioria das ações futuras, ou seja, o projeto será o gerador e o responsável pelo bom andamento de todas as atividades posteriores ao seu desenvolvimento, formando a 'espinha dorsal' do empreendimento.

Na construção civil, a cultura costuma privilegiar a adoção das novas técnicas construtivas, mas não existe uma cultura que vise à implantação da qualidade na etapa inicial de um empreendimento.

2.1.6. Controle da Qualidade do Projeto

Há uma resistência muito grande, por parte dos projetistas, em submeter a outro especialista a análise e avaliação de sua criação e de seu projeto. Comumente eles encaram como sendo uma intromissão e, por vezes, não conseguem enxergar os benefícios.

No entanto, se ultrapassada essa resistência e se houver a adoção de um controle de qualidade de projeto, consegue-se racionalizar a execução de uma obra e assegurar garantias. Para alcançar tal objetivo, deve-se partir para um programa de necessidades bem elaborado e com boa seleção de profissionais envolvidos na elaboração dos projetos.

Este controle da qualidade no projeto deve ser analisado ao final de cada etapa, devendo ser comparado pelo coordenador. Segundo GARCIA MESSEGUER (1991), para evitar alguns tipos de problemas, na elaboração de projetos, é fundamental que sejam estabelecidas as condições de preço, prazo e nível dos estudos, para evitar:

- a) reclamações do proprietário quanto a projetos incompletos;
- b) reclamações do projetista pela exigência de um trabalho mais detalhado;
- c) reclamações do construtor quanto a atrasos na entrega dos projetos.

Este mesmo autor reforça a tese de que o controle da qualidade de projeto representa um acréscimo nos custos do próprio projeto, mas tal gasto é compensado pelo aumento da qualidade e a redução no custo do empreendimento, por via da eliminação de problemas futuros.

Nesta mesma linha, a “*American Society of Civil Engineers- ASCE*” (1988) alerta para o fato de que não se deve iniciar a fase de projeto como uma busca de redução de custos, e sim como uma procura de melhor desempenho e otimização do processo construtivo.

Da mesma forma, FRANCO e AGOPYAN (1993) afirmam que a garantia da qualidade do projeto é fundamental para que possam ser implantadas, com sucesso e mantidas ao longo do tempo, medidas de racionalização, que se baseiam na observação dos pré-requisitos, definidos pelos próprios condicionantes do projeto.

MELHADO et al. (1998) afirma que, para o setor de construção de edifícios evoluir, é necessário introduzir novas situações que alterem o processo convencional

de projetar. Faz-se necessária uma maior integração entre os especialistas do projeto, com uma eficiente coordenação de todo o processo, para evitar a subdivisão. cada vez maior, do projeto, em partes distintas usualmente desenvolvidas por diferentes profissionais.

2.2. O PROJETO ARQUITETÔNICO

De acordo com o definido pelo IAB - Instituto de Arquitetos do Brasil, a palavra projeto significa, genericamente, intento, desígnio, empreendimento e, em acepção mais específica, um conjunto de ações, caracterizadas e quantificadas, necessárias à concretização de um objetivo. Embora este sentido se aplique a diversos campos de atividade, em cada um deles o projeto se materializa de forma específica.

O objetivo principal do **Projeto de Arquitetura da Edificação** é a **Execução da Obra** idealizada pelo arquiteto; essa obra deve se adequar aos contextos naturais e culturais, em que se insere, e responde às necessidades do **cliente** e futuros **usuários** do edifício.

As exigências do cliente e usuários se exprimem através do **programa de necessidades** que define metodicamente o objetivo do **projeto**. Diante disto, o próprio IAB, roteiriza o serviço de **Projeto de Arquitetura da Edificação**, incluso a coordenação/compatibilização dos projetos complementares, entre eles os estruturais, definindo como fases de projeto:

- Estudo Preliminar;
- Anteprojeto e/ou Projeto de Aprovação;
- Projeto de Execução;
- Assistência à Execução da Obra;

Estes itens se caracterizam como blocos sucessivos de coleta de informações, desenvolvimento de estudos/serviços técnicos e emissão de produtos finais, objetivando, ao término de cada um deles:

O **Estudo Preliminar** constitui a configuração inicial da solução arquitetônica proposta para a obra (partido), considerando as principais exigências contidas no programa de necessidades. Deve receber a aprovação preliminar do cliente.

O **Anteprojeto** constitui a configuração final da solução arquitetônica proposta para a obra, considerando todas as exigências contidas no programa de necessidades e o **Estudo Preliminar** aprovado pelo cliente. Deve receber a aprovação final do cliente.

O **Projeto de Aprovação** é uma subfase ao anteprojeto, desenvolvida, conforme o caso anterior, concomitante, ou posteriormente a ele. Constitui a configuração técnico-jurídica da solução arquitetônica, proposta para a obra, considerando as exigências contidas no programa de necessidade, o Estudo preliminar ou Anteprojeto, aprovado pelo cliente, e as normas técnicas de apresentação e representação gráfica, emanadas dos órgãos públicos (em especial, Prefeitura Municipal, concessionárias de serviços públicos e Corpo de Bombeiro). Nos casos especiais, em que não haja necessidade de aprovação do projeto, pelos poderes públicos, esta subfase deixa de existir.

O **Projeto da Execução** é o conjunto de documentos técnicos (memoriais, desenhos e especificações) necessários à licitação e/ou execução (construção, montagem, fabricação) da obra. Constitui a configuração desenvolvida e detalhada do Anteprojeto, aprovado pelo cliente.

2.2.1. Roteiro Básico do Projeto Arquitetônico

2.2.1.1. O Estudo Preliminar

Tem como produto final:

- a) programa de necessidades;

b) informações sobre o terreno e seu entorno, em especial:

- documento cadastrais (projetos de alinhamento e loteamento, levantamentos aerofotogramétricos e outros);
- fotos do terreno e seu entorno;
- dados geo-climáticos e ambientais locais, em especial, temperaturas, pluviosidades, insolação, regime de ventos e marés (para terrenos a beira-mar) e níveis de poluição sonora, do ar, do solo e das águas);
- dados urbanísticos do entorno do terreno, em especial, uso e ocupação do solo, padrões arquitetônicos e urbanísticos, infra-estrutura disponível, tendências de desenvolvimento e planos governamentais para a área e, condições de tráfego e estacionamento.

c) legislação arquitetônica e urbanística (municipal, estadual e federal) pertinente, em especial:

- restrições de uso;
- taxas de ocupação e coeficientes de aproveitamento;
- gabaritos;
- alinhamentos, recuos e afastamentos;
- número de vagas de garagem;
- exigências relativas a tipos específicos de edificação e outras exigências arquitetônicas das Prefeituras Municipais, Corpo de Bombeiros, Concessionárias de Serviços Públicos, Ministérios da Marinha, Aeronáutica, Trabalho e Saúde e Órgãos de Proteção ao Meio Ambiente e Patrimônio Histórico, entre outros.

Serviços Básicos:

- Memorial: descreve e justifica a solução arquitetônica proposta, relacionando-a ao Programa de necessidade, às características do terreno e seu entorno, à legislação arquitetônica e urbanística, pertinentes e/ou a outros fatores determinantes na definição do partido adotado;
- Planta de Situação: representa a implantação da obra no terreno indicado, em especial, acessos, posição e orientação das edificações e principais elementos arquitetônicos (estacionamentos, piscinas, quadras esportivas, castelos d'água e/ou outros), recuos e afastamentos, cotas e níveis principais e quadro geral de áreas (totais, por setor, pavimento e/ou bloco, úteis e/ou construídas, conforme o caso);
- Plantas e Cortes Gerais: representam a compartimentação interna da obra, indicando, em especial, a localização, inter-relacionamento e pré-dimensionamento de ambientes, circulações (verticais e horizontais) e acesso;
- Fachadas Principais: representam a configuração externa da obra, indicando seus principais elementos, em especial esquadrias;
- Coordenação dos Estudos Preliminares Complementares.

Serviços opcionais:

- perspectivas e/ou maquete de massas: representam a configuração espacial global da obra, sua implantação no terreno e relacionamento com o entorno construído;

- desenhos promocionais: perspectivas adicionais (internas e/ou externas) e plantas e/ou humanizadas (com indicação de mobiliário e equipamentos básicos), entre outros;
- especificação preliminar dos principais materiais e acabamentos;
- estudos preliminares complementares: de Estrutura, Instalações, Paisagismo e/ou Arquitetura de Interiores;
- estimativa preliminar de custos: baseada, em geral, nos custos correntes do metro quadrado da construção, custos globais dos serviços ou critério equivalente, consideradas as características da obra.

2.2.1.2. Anteprojeto

Tem como finalidade:

- a) Todas as informações anteriores;
- b) Os Estudos Preliminares, aprovados pelo cliente.

Serviços Básicos.

- Plantas de Situação : define a implantação da obra no terreno, locando e dimensionado, em especial, as edificações, acessos, áreas livres e demais elementos arquitetônicos. Indica afastamentos, recuos, investiduras, área “*non aedificandi*” e servidões, cotas gerais e níveis de assentamento, áreas totais e/ou parcial, úteis e/ou construídas, conforme a necessidade;
- Plantas Baixas: definem, no plano horizontal, a compartimentação, indicando a designação, localização, inter-relacionamento e dimensionamento finais (cotas, níveis acabados e áreas) de todos os

pavimentos, ambientes, circulações e acessos. Representam a estrutura, alvenarias, tetos rebaixados, revestimentos, esquadrias (com sistema de abertura), conjuntos sanitários e equipamentos fixos;

- Plantas de Cobertura: definem sua configuração arquitetônica, indicando a localização e dimensionamento finais (cotas e níveis acabados) de todos os seus elementos. Representam, conforme o caso, telhados, lajes, terraços, *lanternins*, *domus*, calhas, caixas d'água e equipamentos fixos;

- Cortes Gerais: definem, no plano vertical, a compartimentação interna da obra e a configuração arquitetônica da cobertura, indicando a designação, localização, inter-relacionamento e dimensionamento finais (alturas e níveis acabados) de pavimentos, ambientes, circulações e elementos arquitetônicos significativos. Representam a estrutura, alvenarias, tetos rebaixados, revestimentos, esquadrias (com sistema de abertura) e, conforme o caso, telhados, *lanternins*, "*sheds*", *domus*, calhas, caixas d'água e equipamentos fixos;

- Fachadas: definem a configuração externa da obra indicando todos os seus elementos, em especial, os acessos. Representam a estrutura, alvenarias, revestimentos externos, esquadrias (com sistema de abertura) e conforme o caso, muros, grades, telhados, marquises, toldos, letreiros e outros componentes arquitetônicos significativos;

- Especificações: definem os principais materiais e acabamentos, em especial, revestimentos de fachadas e pisos, paredes e tetos de todos os compartimentos. A critério do arquiteto podem ser apresentadas sob diversas formas. Por exemplo:

- a) grafadas nos próprios desenhos (plantas, cortes e fachadas);
- b) quadro geral de materiais e acabamentos e/ou sob a forma de texto (memorial de especificações);
- c) coordenação dos anteprojetos complementares

Serviços opcionais:

- Maquete;
- Perspectivas;
- Anteprojetos Complementares de Estrutura, Instalações, Paisagismo e/ou Arquitetura de Interiores;
- Orçamento Estimativo: baseado nos Anteprojetos de Arquitetura e complementares, pré-dimensionamento de quantidades e custos de materiais e serviços (mão-de-obra), necessários à realização da obra.

2.2.1.3. Projeto(s) de Aprovação

Finalidade:

- a) todas as informações listadas anteriormente;
- b) os estudos preliminares aprovados pelo cliente, caso o Projeto de Aprovação seja desenvolvido anterior ou concomitantemente ao Anteprojeto; ou, os anteprojetos aprovados pelo cliente, caso o Projeto de Aprovação seja desenvolvido posteriormente ao Anteprojeto.
- c) as normas de apresentação e representação gráfica, emanadas dos órgãos públicos.

Serviços Básicos:

Variáveis caso a caso, conforme as exigências dos órgãos públicos e concessionárias envolvidos. Inclui-se, com serviços básicos, a coordenação dos Projetos de Aprovação complementares.

Serviços opcionais:

- projetos de aprovação de estrutura, instalações e outros, quando exigidos;
- revisão do projeto de aprovação, conforme o executado (*as built* legal).

2.2.1.4. Projeto de Execução

Objetivos

- a) todas as informações listadas anteriormente;
- b) os anteprojetos aprovados pelo cliente e os projetos de aprovação aprovados pelos órgãos públicos.

Serviços básicos:

- Planta de Situação / Locação: define detalhadamente a implantação da obra no terreno, locando e dimensionando todos os elementos arquitetônicos, em especial, edificações, acessos, vias, áreas livres, muros, piscinas, quadras e/ou outros, variáveis caso a caso; Indicação de afastamentos, cotas gerais e parciais e níveis de assentamento;
- Plantas Baixas (ou de Alvenaria): definem detalhadamente, no plano horizontal, a compartimentação interna da obra indicando a designação, localização, inter-relacionamento e dimensionamento (cotas e níveis acabados e/ou em osso) de todos os pavimentos, ambientes, circulações, acessos e vãos (em especial, de esquadrias). Representam a estrutura, alvenarias (em osso ou acabadas), tetos rebaixados, forros, enchimentos e, conforme o caso, revestimentos, esquadrias (com sistema de abertura), conjuntos sanitários, equipamentos fixos, de elementos dos projetos complementares, em especial, de instalações (tomadas, pontos de luz, *shafts*, prumadas, etc.). Indicam todos os elementos especificados e/ou detalhados em outros documentos/desenhos;
- Plantas de Cobertura: definem, detalhadamente, sua configuração arquitetônica, indicando a localização e dimensionamento (cotas e níveis

acabados e/ou em osso) de todos os seus elementos. Representam, conforme o caso, telhados, lajes, terraços, *lanternins*, *domus*, calhas, caixas d'água e equipamentos fixos. Indicam todos os elementos especificados e/ou detalhados em outros documentos/desenhos;

- Cortes Gerais e/ou Parciais: definem, detalhadamente, no plano vertical, a compartimentação interna da obra e a configuração arquitetônica da cobertura, indicando a designação, localização, inter-relacionamento e dimensionamento (alturas e níveis acabados e/ou em osso) de todos os pavimentos, ambientes, circulações, vãos e outros elementos arquitetônicos significativos. Representam a estrutura, alvenarias (em osso ou acabados), tetos rebaixados, forros, enchimentos e, conforme o caso, revestimentos, esquadrias (com sistema de abertura), conjuntos sanitários, telhados, *lanternins*, “*sheds*”, *domus*, calhas, caixas d'água, equipamentos fixos e elementos dos projetos complementares (ar-condicionado e exaustão, por exemplo). Indicam todos os elementos especificados e/ou detalhados em outros documentos/desenhos;

- Fachadas: definem detalhadamente a configuração externa da obra, indicando todos os seus elementos. Representam a estrutura, alvenarias, revestimentos externos (com paginação), esquadrias (com sistemas de abertura) e, conforme o caso, muros, grades, telhados, marquises, toldos, letreiros e outros componentes arquitetônicos significativos. Indicam todos os elementos especificados e/ou detalhados em outros documentos/desenhos;

- Plantas de Teto Refletido: quando necessárias, definem detalhadamente a paginação de tetos rebaixados e forros, indicados os seus elementos. Representam, conforme o caso, a estrutura (pilares e vigamento), alvenarias e elementos dos projetos complementares (luminárias, aerofusos e “*sprinklers*”, por exemplo).

- Plantas de Piso: quando necessárias, definem detalhadamente a paginação de pavimentações e pisos elevados, indicando todos os seus elementos. Representam, conforme o caso, a estrutura (pilares), alvenarias e elementos dos projetos complementares (tomadas de piso e ralos, por exemplo).

- Elevações: quando necessárias, definem detalhadamente a paginação de revestimentos de paredes, indicando todos os seus elementos. Representam, conforme o caso, a estrutura (vigas e lajes), alvenarias, esquadrias e elementos dos projetos complementares (quadros de luz, por exemplo).
- Detalhes: desenvolvem e complementam as informações contidas nos desenhos, acima relacionadas. Representam em plantas, cortes, elevações e/ou perspectivas, definindo-os, todos os elementos arquitetônicos necessários à execução da obra. Em geral, compreendem:
 - ampliações de compartimentos, em especial, banheiros, cozinhas, lavanderias, saunas, áreas molhadas;
 - detalhes de construção, fabricação e/ou montagem de;
 - quadras, pistas e campos de esportes;
 - piscinas, lagos e fontes;
 - muros, jardineiras, bancos e outros elementos paisagísticos;
 - escadas e rampas;
 - painéis de elementos vazados (cobogós), tijolos de vidros e alvenarias especiais;
 - revestimentos e pavimentações;
 - impermeabilizações e proteções (térmicas, acústicas, etc.);
 - bancas e bancadas;
 - soleiras, peitoris, chapins, rodapés e outros arremates;
 - telhados (estrutura e telhamento);
 - *domus*, *lanternins* e *“sheds”*;
 - esquadrias;
 - balcões, armários, estantes, prateleiras, guichês e vitrines;

- forros, lambris e divisórias;
- grades, gradis e portões;
- guardas-corpos e corrimãos.

Em projetos mais complexos, alguns detalhes são objeto de projetos especiais, por exemplo:

- cozinhas industriais e lavanderias automatizadas; (mobiliário, equipamento e instalações especiais);
- muros, jardineiras, lagos e campos esportivos (paisagismo) ;
- proteção termo-acústicas (conforto ambiental, acústica);
- revestimentos internos (arquitetura de interiores).

Conforme a natureza dos materiais especificados, os detalhes são, em geral, agrupados em seções, a saber:

- Detalhes Gerais (em concreto, alvenaria, argamassa, mármore e granitos, materiais cerâmicos, plásticos e borrachas, produtos sintéticos e outros);
- Detalhes de Carpintaria e Marcenaria (madeira);
- Detalhes de Serralheria (ferro, alumínio e outros metais);
- Detalhes de Vidraçaria.

Conforme o grau de industrialização dos componentes, os detalhes podem ser executivos ou esquemáticos. Isto ocorre quando os detalhes executivos são elaborados pelo fabricante do componente e aprovados pelo arquiteto, como por exemplo, esquadrias de alumínio ou forros industrializados.

Neste último caso, os detalhes executivos são elaborados pelo fabricante do componente e aprovados pelo arquiteto; por exemplo:

- esquadrias de alumínio
- forros industrializados

As “Especificações” definem, detalhadamente, todos os materiais, acabamentos e normas para a execução de serviços, necessários à execução da obra. Em geral, são apresentadas:

a) detalhadamente, em um caderno de encargos composto de:

- normas de contratação da execução da obra (direitos e deveres do cliente, fiscal ou gerente, do arquiteto e do executor);
- especificação de serviços (normas de execução);
- coordenação dos projetos de execução complementares.

Serviços opcionais:

- Plantas e/ou Cortes de Terraplanagem;
- Anteprojetos ,Complementares de estrutura, instalações, paisagismo e/ou arquitetura de interiores;
- Orçamento: define detalhadamente quantidade e custos de todos os materiais e serviços (mão-de-obra) , necessários à execução da obra.

2.2.1.5. Assistência à Execução da Obra

Informações:

- a) todas as informações anteriores;
- b) os projetos de execução.

Serviços básicos:

- visitas ao canteiro de obras e/ou participação em reuniões técnicas, visando o esclarecimento de dúvidas sobre o projeto e/ou sua eventual complementação;
- exame, para aprovação, de componentes manufaturados;
- substituição de desenhos e especificações, em caso de necessidade: falta de produtos no mercado, falência de fabricantes, retirada de produtos de linha ou outras situações excepcionais;
- revisão do projeto de execução (apenas os desenhos gerais – plantas de situação, baixas e de cobertura, cortes e fachadas, excluído o detalhamento) , conforme o executado (*“as built”* executivo), objetivando sua atualização arquitetônica, para fins de cadastro e manutenção, ao término da construção ou montagem da obra.

Serviços opcionais:

- revisão do projeto de aprovação, conforme o executado (*“as built”* legal), objetivando sua regularização junto aos órgãos públicos, ao término da construção, fabricação ou montagem da obra.

Neste trabalho, consideraremos as informações e critérios determinados para o Projeto Executivo da obra, admitindo que seja este critério que deva ser utilizado como sinônimo ao Projeto Básico, definido na Lei Federal 8.666/93. Colhe-se, no bojo do art. 6º, inciso IX, que o projeto básico é identificado como

"o conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos "estudos técnicos preliminares, que assegurem viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução,...",

Assim, entendendo o significado de Projeto Básico como sinônimo de Projeto Executivo, é fundamental incorporar elementos explicitamente detalhados, com

o objetivo de caracterizar, precisa e claramente, o objeto pretendido pela administração.

Dentre tais elementos, impõe-se a necessidade de desenvolver a solução escolhida de forma a fornecer visão global da obra e identificar todos os seus elementos constitutivos, com clareza; identificar "os tipos de serviços a executar e de materiais e equipamentos a incorporar à obra", de ter-se "informações que possibilitem o estudo e a dedução de métodos construtivos, instalações provisórias e condições organizacionais para a obra", etc.

A Lei Federal nº 8.666/93, (Disponível em <<http://jus.com.br/revista/texto/4736/projeto-basico-nas-licitacoes-publicas#ixzz2AEB7epXh>> Acesso em: 12 de outubro de 2012), no art. 6º, X, ao definir projeto executivo como o : "... *conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, de acordo com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT*", determina que o projeto executivo deve descrever, com clareza, completude e precisão, a obra projetada, e assim assegurar a não ocorrência de erros de execução, originados por falta de entendimento correto ou desvio intencional da proposição do projeto.

2.3. O PROJETO ESTRUTURAL DE CONCRETO ARMADO

2.3.1. Breve Histórico do Concreto Armado

De acordo com PINHEIRO & GIONGO (1986), o concreto surgiu com o desejo de se criar uma pedra artificial, resistente, econômica e durável, como a pedra natural, e que apresentasse, como vantagem, a possibilidade de ser moldada nas dimensões e nas formas desejadas.

Segundo Paulo Sérgio dos Santos Bastos, (2006), os primeiros materiais, a serem empregados nas construções antigas, foram a pedra natural e a madeira, por estarem disponíveis na natureza. O ferro, o aço e o concreto somente foram empregados nas construções séculos mais tarde, por estarem condicionados ao avanço da tecnologia.

O concreto armado surgiu da necessidade de aliar a durabilidade da pedra com a resistência do aço, com as vantagens do material composto poder assumir

qualquer forma, com rapidez e facilidade, e com o aço envolvido e protegido pelo concreto para evitar a sua corrosão. “A abundância das matérias primas em quase todas as regiões, somada à sua grande versatilidade para aplicação nas mais variadas formas, foram os principais motivos para o seu desenvolvimento, desde os tempos primórdios até a atualidade.” (BASTOS, 2006).

Os romanos foram os primeiros a se destacar na aplicação dos concretos e argamassas, o que lhes permitiu construir grandes espaços com estruturas no formato de arco, abóbadas e cúpulas, utilizando uma espécie de concreto da época com pedras e tijolos e outros materiais naturais, conseguindo revolucionar a Arquitetura da época.

Exemplos de construções romanas famosas, que aplicaram o concreto existente na época:

- O Panteão (vide figura 1);
- O Coliseu (vide figura 2).

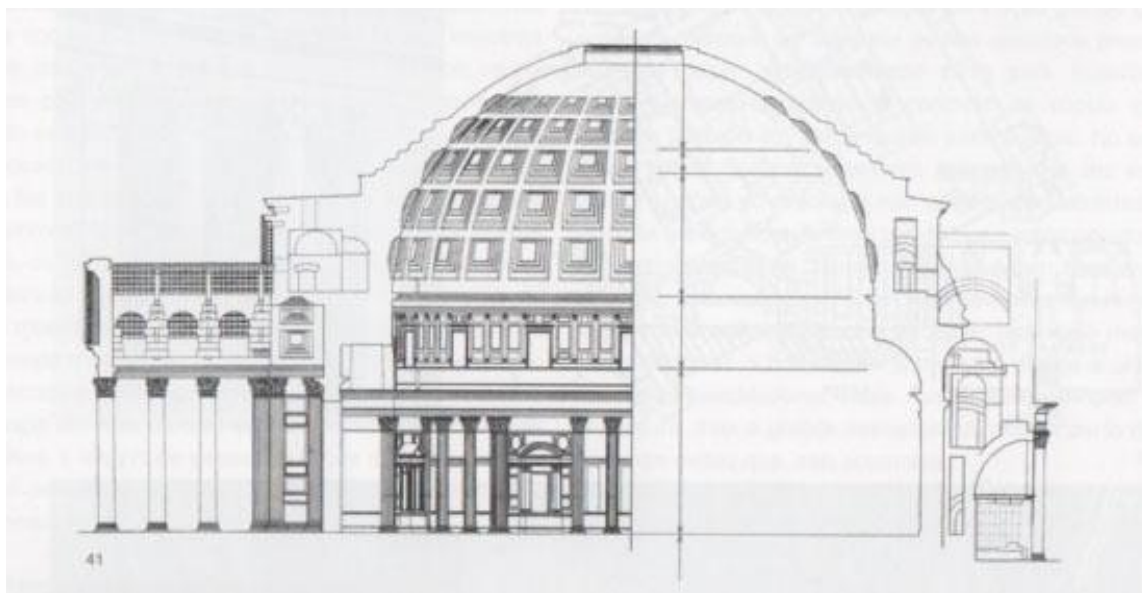


Figura 1. Corte transversal do Panteão, Roma d.C. 123, Fonte: Addis (2009)



Figura 2. Coliseu Romano d.C. 79, Fonte: Bastos (2006)

Quando o ferro foi unido ao concreto e o conjunto passou a resistir também às tensões de tração, as possibilidades de aplicação aumentaram bastante em relação ao concreto inicialmente aplicado pelos romanos. A capacidade de resistir bem tanto às tensões de compressão como de tração levou ao projeto de elementos estruturais de menor altura e com vãos significativamente maiores, o que resultou na liderança mundial como material para os diversos tipos de construção hoje existentes. BASTOS (2006)

2.3.2. Desenvolvimento Histórico no Mundo

BASTOS (2006) afirma que

Considera-se que o cimento armado surgiu na França, no ano de 1849, com o primeiro objeto do material registrado pela História sendo um barco, do francês Lambot, o qual foi apresentado oficialmente em 1855. O barco foi construído com telas de fios finos de ferro preenchidas com argamassa. (Vide Figura 3).

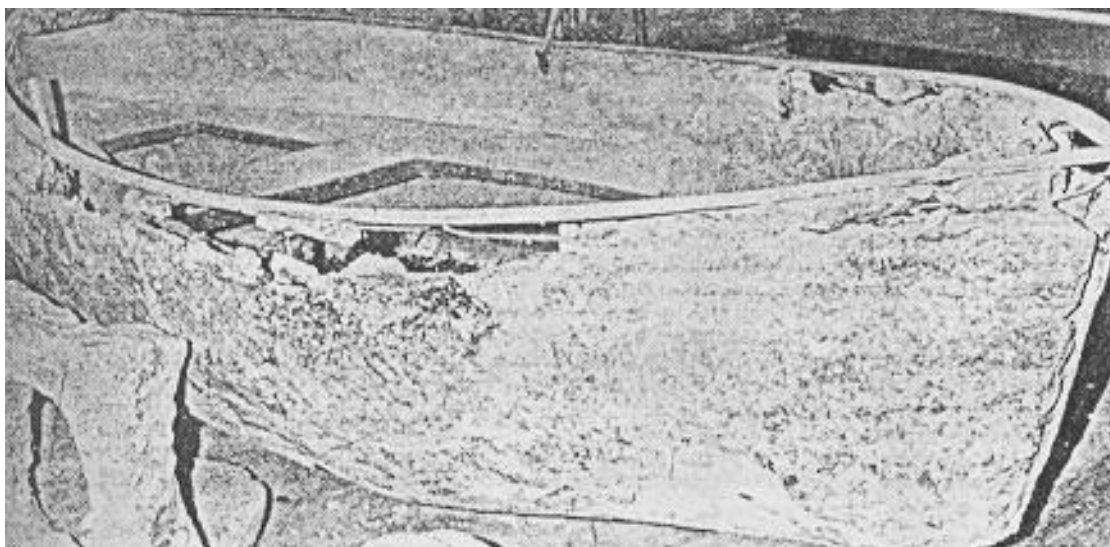


Figura 3 - Remanescente de uma das canoas de Lambot, Fonte: Kaefer (2008).

Na França, Hennebique passou a compreender a função das armaduras no concreto, como aparece em citação de Vasconcelos (1992):

Percebeu a necessidade de dispor outras armaduras além da armadura reta de tração. Imaginou armaduras dobradas, prolongadas em diagonal e ancoradas na zona de compressão. Foi o primeiro a colocar estribos com a finalidade de absorver tensões oriundas da força cortante e o criador das vigas T, levando em conta a colaboração da laje como mesa de compressão. VASCONCELOS, (1992).

Na Alemanha, desenvolveu-se a teoria mais completa do novo material, toda ela baseada em experiências e ensaios. Vasconcelos (1992), assim registra o pioneirismo do alemão Wayss, após ter efetuado a compra das patentes de Mounier e fundado sua firma em 1875: “O verdadeiro desenvolvimento do concreto armado no mundo iniciou-se com *Gustavo Adolpho Wayss*”.

A seguir, segue a cronologia de evolução e dos usos das primeiras experiências com concreto armado, nos séculos XIX e XX, apontadas por PINHEIRO & GIONGO (1986):

- 1880 Hennebique, na França, constrói a primeira laje armada com barras de aço de seção circular;
- 1884 e 1885 Firms alemãs, entre elas Wayss e Freytag, adquirem as patentes de Monier, para emprego na Alemanha e na Áustria;

- 1886 Könen, na Alemanha, escreve a primeira publicação sobre cálculo de concreto armado;
- 1888 Döhring, também na Alemanha, registra a primeira patente sobre aplicação de protensão em placas e em pequenas vigas;
- 1892 Hennebique registra patente da primeira viga como as atuais, com estribos;
- 1897 Rabut, na França, inicia o primeiro curso sobre concreto armado, na École des Ponts et Chaussées;
- 1902 Mörsch, engenheiro da firma Wayss e Freytag, publica a primeira edição de seu livro, apresentando resultados de numerosas experiências e tornando-se um dos maiores contribuintes para o progresso do concreto armado;
- 1904 Surge na Alemanha a primeira norma sobre concreto armado;
- 1912 Mörsch e Könen desenvolvem os princípios do concreto protendido, com a introdução de tensão prévia nas armaduras, para eliminar os esforços de tração. A ideia, porém, foi abandonada devido às altas perdas de tensão registradas ao longo do tempo;
- 1928 Freyssinet (considerado o pai do concreto protendido) utiliza os aços de baixa relaxação, obtendo, assim, o concreto protendido como o conhecemos hoje;
- 1945 A partir desse ano, após a 2ª Guerra Mundial, o concreto protendido passa a ser usado em escala comercial.

Tendo em vista os objetivos deste trabalho, considera-se suficiente esta rápida revisão sobre a evolução do concreto armado, encerrando-a com a referência a dois autores: o primeiro, Kaefer, que considera o uso do concreto moderno uma conquista coletiva da humanidade:

O concreto moderno, utilizado atualmente para a construção dos mais diversos tipos de estrutura é fruto do trabalho de inúmeros homens, que durante milhares de anos observaram a natureza e se esmeraram por aperfeiçoar materiais, técnicas, teorias e formas estruturais. (Kaefer, 2008).

E, em seguida, destaca-se Battagin, ao definir concreto, como o faz a ABNT:

O concreto é uma mistura homogênea de cimento, agregados miúdos e graúdos, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos e adições), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento, define Inês Battagin, superintendente do CB-18 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

2.3.3. Desenvolvimento no Brasil

Segundo VASCONCELOS, (1992), a primeira obra em concreto, no Brasil, ocorreu em 1892, na da construção de habitações sob a responsabilidade do engenheiro Carlos Poma, que utilizou o sistema de Monier.

De acordo com VASCONCELOS (1992), as primeiras estruturas de concreto armado, calculados no Brasil, foram de Carlos Euler e de seu auxiliar Mário de Andrade Martins Costa, que projetaram a ponte em arco de concreto armado sobre o Rio Maracanã, anterior a 1908.

,Ainda em VASCONCELOS (1992), encontra-se a referência à revista Brazil-Ferro Carril de 1940 que, ao publicar a biografia de Carlos Euler, cita como a grande aplicação do concreto armado, pela primeira vez no Brasil, a obra do viaduto entre São Cristóvão e São Diogo, sem especificar detalhes sobre a obra. Em se tratando de pontes, a primeira obra em São Paulo, devidamente documentada, é descrita na revista Polytechnica nº 31/32 de 1910, em artigo intitulado "Concreto Armado em Socorro". O autor deste projeto foi o engenheiro Guilherme E. Winter junto com Ernesto Chagas. Esta obra foi armada com vergalhões de aço, classificando-se portanto, como concreto armado, como conhecido nos dias de hoje.

VASCONCELOS (1992) menciona as seguintes obras no início do século XIX:

1º) Em 1908, construção de uma ponte com 9 m de vão, executada no Rio de Janeiro pelo construtor Echeverria, com projeto e cálculo do francês François Hennebique.

2º) Em 1909, foi construída a ponte na Rua Senador Feijó, com vão de 5,4 m.

3º) Ainda no Estado São Paulo, na cidade de Socorro, no ano de 1910, foi construída uma ponte de concreto armado, com 28 m de comprimento, na Av. Pereira

Rebouças sobre o Ribeirão dos Machados. Essa ponte ainda existe em ótimo estado de conservação, segundo VASCONCELOS (1992), o qual afirma que, em 1913, a “vinda da firma alemã Wayss & Freytag constituiu talvez o ponto mais importante para o desenvolvimento do concreto armado no Brasil”. Sua empresa no Brasil foi registrada somente em 1924, sob o nome de Companhia Construtora Nacional, funcionando até 1974. Imagina-se que, de 1913 a 1924, Wayss utilizou-se da firma de um alemão, L. Riedlinger, para construir várias obras no Brasil, entre elas, 40 pontes de concreto armado. Riedlinger importou mestres de obras da Alemanha, e a firma serviu de escola para a formação de especialistas nacionais, evitando a vinda de mais estrangeiros.



Figura 4 - Primeira Ponte em Concreto Armado do Estado de São Paulo. Fonte: Marta Iansen (2010).

A aplicação de concreto armado na construção de edifícios, na cidade de São Paulo, é apontada por Bastos (2006): "O primeiro edifício em São Paulo data de 1907/1908, sendo um dos mais antigos do Brasil em “cimento armado”, com três pavimentos."

A difusão do uso do concreto armado é comentada por Vasconcelos, da seguinte forma:

Após 1930, o concreto tornou-se um símbolo do desenvolvimento tecnológico nacional, empregado desde então nas principais obras do país. A par de outros fatores que contribuíram para o incremento do

uso do concreto na construção civil, a descoberta das várias propriedades específicas do novo material proporcionou um grande desenvolvimento da sua tecnologia, sobretudo a partir da década de 30. VASCONCELOS (1992).

Prosseguindo nesta rápida revisita à evolução histórica do uso do concreto armado, no Brasil, ainda referenciados em Vasconcelos (1992), temos:

- 1911 - Ponte sobre o Rio Camanducaia, na Fazenda Modelo, em Amparo, São Paulo;
- 1912 - Ponte sobre o Rio Tamanduateí, na Mooca, São Paulo. Trata-se de uma ponte em arco de 29 m de vão, construída como parte das obras de retificação e canalização do Rio;
- 1912 - Paredes laterais e lajes do fundo e do teto das obras de reconstrução de dois grandes reservatórios do sistema de abastecimento de água de Belo Horizonte;
- 1914 - Diversas obras de arte (pontes, viadutos, muros de arrimo) na duplicação da linha da Serra do Mar da EFCB - Estrada de Ferro Central do Brasil. Nessas obras foram usados trilhos velhos como armadura de concreto, não se tratando, portanto, de concreto armado com o significado que hoje se lhe dá;
- 1914 - Muros de arrimo laterais em dois trechos das obras de retificação e canalização do Rio Tamanduateí, São Paulo;
- 1924 - Jóquei Clube do Rio de Janeiro, fundações em estacas de concreto armado cravadas até uma profundidade máxima de 24 m, perfazendo um total de 8 km, um recorde sul-americano na época;
- 1926 - Jóquei Clube do Rio de Janeiro, marquise da tribuna de sócios com balanço de 22,4 m, recorde mundial na época (projeto e construção de Christiani & Nielsen);

- 1926 - Ponte Presidente Sodré (antiga Itajuru) em Cabo Frio, arco de 67 m de vôo e flecha de 10,5 m, recorde sul-americano na época (projeto e construção de Christiani & Nielsen)
- 1925 a 1929 - Edifício Martinelli, construído em São Paulo com área de 40.000 m², o maior do mundo, na época, com 106,5 m de altura e 30 pavimentos;
- 1930 - Elevador Lacerda, na cidade de Salvador, construído pela filial brasileira da firma dinamarquesa Christiani & Nielsen. É o maior elevador de passageiros para fins comerciais no mundo, com elevação de 59 m, e altura total de 73 m;
- 1930 - Ponte de Herval (ou Ponte Emílio Baumgart, destruída pelas enchentes de 1983) em Santa Catarina, sobre o Rio do Peixe, com o maior v o do mundo, na época, de 68 m em viga reta. Primeira ponte do mundo em concreto, construída em balanços sucessivos, e destruída numa enchente, no início da década de 80.
- 1930 - Estátua do Cristo Redentor no Corcovado, mais alta estátua (30 m) de concreto armado do mundo, na época; empreendimento e realização do engenheiro Heitor da Silva Costa, escultura de Paul Landowski e cálculos do Bureau d' tudes L. Pelnard, Consid re & A. Caquot – Paris;
- 1928 a 1931 - Edifício "A Noite", construído no Rio, com 22 pavimentos: o mais alto edifício do mundo em concreto armado, na época, com 102,80 m de altura a partir do r s-do-chão e 3,60 m enterrados; projeto de Emílio Baumgart e construção de Gusmão, Dourado & Baldassini;
- 1937 - Ponte ferroviária na estrada de ferro Mayrink-Santos (Mairinque-Santos), em viga contínua de 3 tramos (24,33 + 30 + 24,33 m), conhecida como Viaduto 19; a maior ponte ferroviária do mundo na época, projeto de Humberto da Fonseca;
- 1937 - O maior conjunto de obras-de-arte em volume de concreto do mundo, em estradas de ferro (na época de sua conclusão), na Estrada de Ferro Mayrink-Santos; projeto de Humberto da Fonseca; 1939 Ponte

ferroviária sobre o Rio Mucuri com 39,30 m, recorde mundial, na época, para este tipo de ponte, em viga reta (projeto de Baumgart);

- 1939 - Jockey Clube de São Paulo, marquise da tribuna dos sócios com 25,20 m, recorde mundial na época;
- 1943 - Cúpula do Salão de Jogos do Hotel Quitandinha, em Petrópolis; recorde sul-americano em casca elíptica, na época, com diâmetro de 46,40 m e flecha de 12,60 m; projeto de Antônio Alves Noronha;
- 1949 - Ponte do Galeão, a mais longa ponte (e a de maior área de tabuleiro) do mundo, na época, em concreto protendido, com 380 m de extensão e 7.600 m², construída pela Civilhidro;
- 1952 - Ponte de Juazeiro, sobre o Rio São Francisco, a mais longa do mundo (801 m), na época, em seu gênero: ponte rodo-ferroviária em viga reta contínua; o comprimento da viga contínua é de 561 m (Largura máx. de 44,80 m);
- 1952 - Ponte sobre o Rio das Antas, o maior arco de concreto armado do mundo, na época, com 186 m de vão (com tabuleiro intermediário), no Rio Grande do Sul; projeto de Antonio Alves Noronha;
- 1960 - Ponte de Estreito, sobre o Rio Tocantins, com o maior vão do mundo (140 m), na época, em viga reta, construída pelo processo de balanços sucessivos, em concreto protendido, pela primeira vez no Brasil; construção e projeto de Sérgio Marques de Souza;
- 1962 - Ponte da Amizade (ponte internacional de Foz do Iguaçu ou Ponte Presidente Stroessner, como a denominam os paraguaios) com o maior arco de concreto armado do mundo, na época, com 290 m de vão;
- 1962 - Edifício Itália, o mais alto edifício em concreto armado do mundo, durante alguns meses, antes da conclusão dos acabamentos, perdendo, logo em seguida, para o Marina City (Chicago);
- 1969 - Garagem San Siro, em São Paulo: o mais alto edifício-garagem do mundo, com altura de 90,3 m acima da calçada, esbeltez 10:1, 36

andares; interessante solução estrutural de Mário Franco; projeto arquitetônico e construção de A. Danilovic;

- 1969 - Museu de Arte de São Paulo (MASP), com laje de 30 x 70 m livres, recorde mundial de vão, na época, projeto estrutural da equipe técnica do Prof. Figueiredo Ferraz, projeto arquitetônico de Lina BoBardi, construção de Heleno & Fonseca;
- 1975 - Ponte Colombo Salles, em Florianópolis, a maior viga contínua protendida do mundo (1.227 m), projeto da equipe técnica do Prof. Figueiredo Ferraz, construída pela Construtora Norberto Odebrecht;
- 1982 - Usina Hidrelétrica de Itaipu, é a maior do mundo na modalidade de barragem de gravidade aliviada, com 190 m de altura e mais do que 10 milhões de metros cúbicos de concreto; foi projetada por quatro consórcios de firmas brasileiras e paraguaias e construída do mesmo modo com coordenação ítalo-americana.

Beatriz Helena Nogueira Diógenes afirma:

O concreto armado é atualmente considerado o material estrutural mais utilizado na construção civil, e cujo emprego tem sido cada vez mais intenso. Estima-se que o atual consumo mundial de concreto seja da ordem de 6 bilhões e meio de toneladas por ano, isto é, praticamente 1 tonelada por habitante da terra. Além do mais, a utilização do concreto na construção proporciona economia de energia e traz benefícios ecológicos, já que sua produção, comparado (sic) à maioria dos outros materiais de construção, requer pequeno consumo de energia e pode aproveitar materiais reciclados, substituindo os agregados. Todas essas vantagens explicam a ampla difusão do emprego de estruturas de concreto armado nas construções do mundo inteiro. (DIÓGENES, 2006)

2.3.4. Evolução da Normalização

Ana Carolina Sawaya Kaphan & Luciana Massami Inoue (2002), no estudo sobre a origem da normalização do uso do concreto armado, afirmam que o marco inicial para a normalização foram as seis Cadernetas de Instruções e Especificações para a Construção dos Esgotos, de Saturnino de Brito, no saneamento de Santos (1905).

Este primeiro registro de normalização foi seguido pelo caderno de encargos da Prefeitura do Distrito Federal (1935-1937), o Código Arthur Saboya, de

1929, que se refere ao concreto, nos artigos de 378 a 403, e faz menção aos coeficientes de segurança, resistência, dosagem, prevenções; as normas de concreto estudadas por Mário Cabral, Felipe dos Santos Reis e José Furtado Simas (1931); as normas publicadas pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), em 1937, e outros trabalhos do mesmo gênero.

Como se pode notar, todas estas tentativas estão ligadas às atividades da construção. KAPHAN e INOUE (2002) assim registram o surgimento da normalização técnica:

A normalização técnica, indispensável à industrialização, iniciou-se no Brasil sob a liderança do complexo industrial da construção. As escolas de Engenharia e os Laboratórios de Pesquisa, em estreita colaboração com empresários do setor e com o apoio do Estado, viabilizaram este importante instrumento para a industrialização brasileira. Os demais setores industriais também se integraram a este esforço, no contexto da Segunda Guerra Mundial. (KAPHAN & INOUE, 2002).

Ao final deste esforço coletivo, o resultado foi a criação da ABC - Associação Brasileira de Concreto - que reunia os profissionais ligados à indústria da construção. O principal intuito da Associação era padronizar todas as obras de concreto armado no Brasil.

A ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland foi fundada em 1936, no Rio de Janeiro, e seu objetivo era unificar todos os regulamentos existentes no Brasil e diminuir as divergências. A partir disto, em 1937, foi elaborada a primeira norma: “Norma para Execução e Cálculo do Concreto Armado”, elaborada pelo Prof. Telêmaco van Lagendonck.

O estabelecimento definitivo da norma se deu a partir de 1938, com as reuniões feitas pelos Laboratórios Nacionais de Ensaios de Materiais, de onde surgiu a idéia da unificação de um regulamento que visava à padronização da execução e projeto de obras em concreto armado. Em maio de 1940, foi criado a NB-1 pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, fundada em 24 de setembro de 1940, por decreto de Getúlio Vargas, e passou a ser o principal órgão responsável pela normalização técnica do País.

Com a criação da ABNT e a publicação da “NB-1 Cálculo e Execução de obras de Concreto Armado”, passou-se a ter um órgão nacional fiscalizador e a Norma de uso obrigatório em obras públicas. Com a unificação e adoção das normas técnicas, desapareceram as divergências de região para região, em decorrência da

inexistência de uma uniformização dos critérios pertinentes à produção e utilização dos produtos cimentícios e demais materiais.

A Norma tem passado por revisões para acompanhar a evolução do uso do concreto armado: em 1960, a NB-1;1960 adotou, como referência, as normas européias do CEB –Comite Europeen du Beton (Comitê Europeu de Concreto) e assim consolidadas na revisão de 1978. Em 1980, teve seu registro efetivado no INMETRO sob a identificação de NBR-6118 (1980). A revisão seguinte ocorreu em 2003 e entrou em vigor em 30/03/2004, tendo recebido modificações importantes, sendo as que têm maior impacto, na especificação do concreto, estão relacionadas à garantia da qualidade das estruturas, cujo foco principal é a durabilidade e a extensão de sua vida útil.

A última revisão da Norma foi em 2007, mas, desde a primeira versão, a NB-1 previa o dimensionamento em serviço baseado em tensões admissíveis e também no estado limite último.

Até março de 2003, a principal norma para o projeto de Estruturas de Concreto Armado era NB1/78, editada e revisada, posteriormente como NBR 6118/80. Após processo de revisão por vários anos, a NB 1/78 foi substituída pela NBR 6118/2003 “Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento”, que incluiu também as estruturas de Concreto Protendido. As recomendações para a execução das estruturas de concreto passaram a fazer parte da norma NBR 14931/03. A NBR 6118/07 se aplica a estruturas com concretos convencionais, com massa específica seca maior que 2.000 kg/m³, não excedendo 2.800 kg/m³, do grupo I de resistência (C10 a C50), conforme classificação da NBR 8953 (2009) apresentada na Tabela 1.

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

Tabela 1. Classes de Agressividade Ambiental Fonte: NBR 6118:2007

Do escopo da nova norma, destacamos os seguintes aspectos:

- Concretos com resistência até 50 MPa.
- Concretos simples, armados e protendidos.
- Garantia da qualidade - quais e como obtê-las.
- Limite mínimo do Fck 20 MPa, para estruturas.
- Consolidação da NBR 8953 (2009) que classifica o concreto em classes de resistência de 5 em 50 MPa.
- Expectativa da vida útil das estruturas de no mínimo 50 anos.
- Projeto de elementos estruturais especiais.
- Classificação da agressividade do meio ambiente.
- Restrição do uso do Fck 15 MPa somente em obras provisórias ou de fundação.
- Aumento do cobrimento nominal nas armaduras conforme classe de agressividade ambiental.

Em decorrência da evolução do conhecimento dos mecanismos de deterioração das estruturas, ocorrida nos últimos anos, a normalização avançou na direção de concretos adequados à durabilidade conforme tabela 2.

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Frac	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Tabela 2. Correspondência entre Classe de Agressividade e Qualidade do Concreto.
Fonte: NBR 6118:2007

2.3.5. Elementos Componentes da Estrutura

Segundo Carlos Lemos & Eduardo Corona, *"A estrutura, sob o ponto de vista da engenharia civil, é um conjunto de elementos construtivos responsáveis pela estabilidade do edifício"*. (LEMOS & CORONA,1972)

Todas as estruturas de edifícios, sejam elas compostas com um pavimento, ou múltiplos pavimentos, são formadas basicamente por:

- Fundações: recebem todo o carregamento do edifício e podem ser blocos sobre estacas, sapatas isoladas ou associadas, *radier*, estações, etc.
- Paredes: são elementos estruturais esbeltos e servem para transferir tanto os esforços horizontais, como os esforços verticais às fundações;
- Pilares: são os elementos estruturais que suportam as cargas das vigas, lajes, caixas de água, ventos, transferindo-as as fundações;
- Vigas: São elementos estruturais que dão sustentação as lajes, transferindo os esforços para os pilares. As vigas podem ser horizontais, inclinadas, curvas ou até mesmo em forma de arco. São geralmente apoiadas nos pilares;
- Lajes: As lajes são placas planas e esbeltas que servem de piso para os edifícios. Podem suportar cargas verticais tão bem como cargas horizontais;
- Pórticos: os pórticos espaciais consistem em elementos estruturais trabalhando em conjunto entre os pilares, paredes, vigas ou lajes.

De acordo com Francis Ching :

Estrutura é o conjunto estável de elementos projetados e construídos de modo a atuarem como um todo no suporte e na transmissão de cargas aplicadas ao solo, sem que as tensões admissíveis para cada peça seja *[sic]* excedidas. (CHING,1999)

2.3.6. Etapas do Projeto Estrutural

Yopanan Conrado Pereira Rebello afirma que: “A estrutura e a forma são um só objeto e, assim sendo, conceber uma implica em conceber outra e vice-versa. A forma e a estrutura nascem juntas.” (REBELLO, 1993)

A etapa inicial do projeto estrutural é a interpretação do projeto arquitetônico, para efetuar o lançamento da estrutura em cada pavimento. Diferentes concepções estruturais poderão ser elaboradas, baseando-se em diferentes materiais, ou para as diferentes condições de uso, que a estrutura será submetida.

Segundo o Manual Escopo de Projetos e Serviços de Estrutura da ABECE - Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural, entre outras, as etapas do projeto estrutural são:

- Interpretação do projeto arquitetônico;
- Escolha da estrutura mais adequada ao meio em questão;
- Estudo e lançamento das plantas de formas;
- Estimativa dos diferentes tipos de carregamento atuantes na estrutura;
- Análise prévia da estrutura, por meio de métodos computacionais, levando em consideração a estabilidade global, o limite de fissuração e as deformações excessivas dos elementos estruturais, tais como, vigas, lajes, pilares, recalque nas fundações;
- Análise final e cálculo das armaduras de todos os elementos estruturais;
- Detalhamento da armação de todos os elementos estruturais, assim como o desenho final das plantas de forma;
- Entrega do projeto estrutural e acompanhamento durante a execução da obra.

2.4. COMPATIBILIZAÇÃO E INCOMPATIBILIDADES

Conforme Almeida (2009), no período de existência de uma obra, basicamente, podemos separar sua existência em duas fases: o processo construtivo e o uso.

O processo construtivo pode ser dividido em quatro fases: planejamento, projeto, fabricação de materiais e componentes fora do canteiro de obras e a execução física propriamente dita. O uso, por sua vez, envolve a operação e a manutenção das obras civis.

A etapa do processo construtivo envolve um período relativamente curto quando comparada com a etapa do uso. Para esta última, as construções devem ser executadas prevendo períodos longos de utilização, em geral mais de cinquenta anos, para edificações prediais, mais de cem ou até duzentos anos para pontes, barragens e obras de arte.

As origens das manifestações patológicas, normalmente, encontram-se em uma ou mais fases do processo construtivo, apesar de poderem ter suas razões derivadas de uso inadequado no pós-ocupacional.

Para o combate das manifestações patológicas, é imprescindível inicialmente, a compatibilização dos projetos de arquitetura e de estrutura e é, justamente, sobre esta questão o objetivo deste estudo: o levantamento da frequência em que ocorrem as incompatibilidades, na observação e análise, entre os projetos de arquitetura e de estrutura e sua execução, em obras públicas, padrão escolar, em concreto armado.

2.4.1. Incidência de Falhas e Anomalias

Estudos, sobre os fatores que implicam e resultam nas manifestações patológicas em obras e que têm sua origem nas etapas de produção e uso das obras civis, foram desenvolvidos por Grunau (1981 apud HELENE, 1992, p.22), cujos resultados são demonstrados através de índices percentuais. Vide Figura 5:

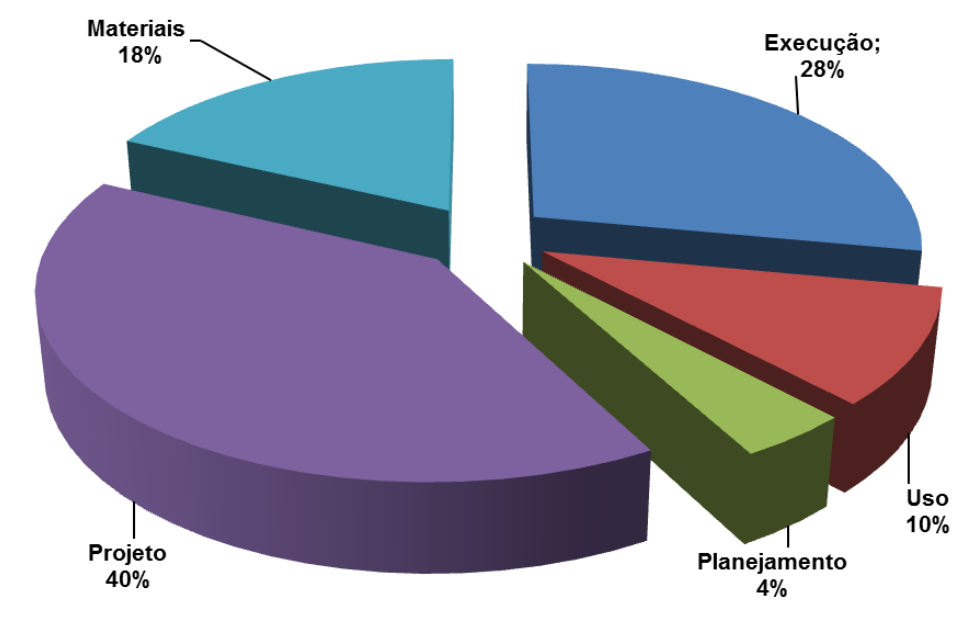


Figura 5. Origem dos Fatores que Implicam em Manifestações Patológicas Relacionadas às Etapas de Produção e Uso de Obras Cíveis.

Fonte: (Grunau, 1981 apud HELENE, 1992, p.22).

Da mesma forma, Melhado (1995), apresenta resultados, que contribuem para a análise do grau de gravidade na incidência de falhas nos projetos, conforme Figura 6:

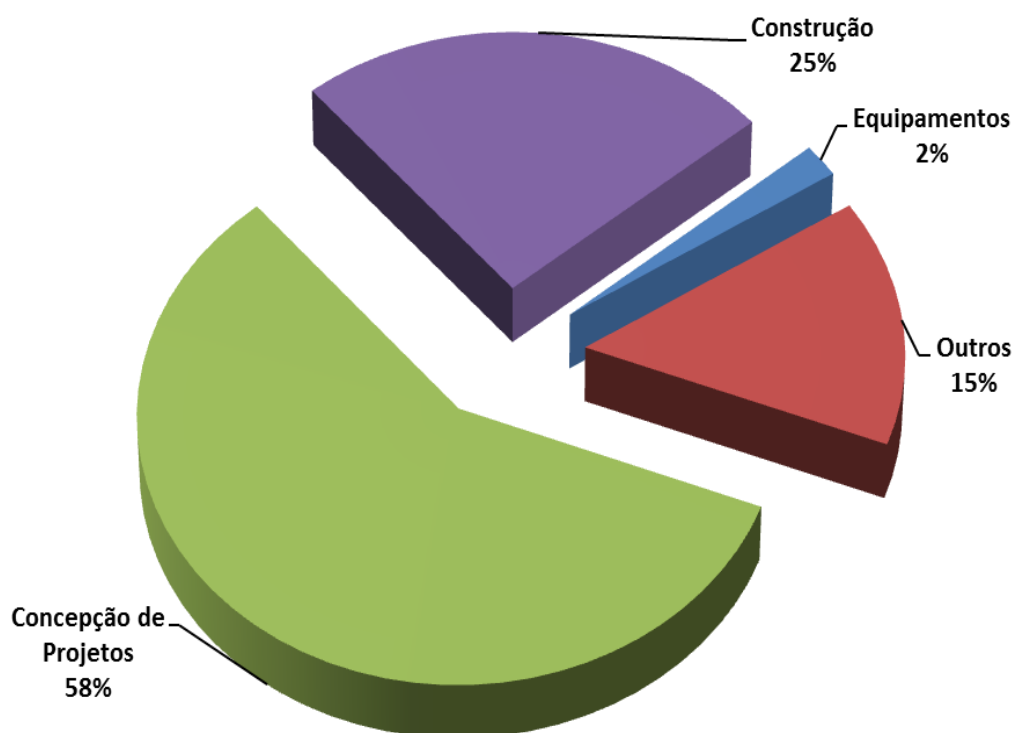


Figura 6. Origem de Patologias e Mau Funcionamento das Edificações.
(Melhado -1994).

Vanni (2004), em seu trabalho “Análise de Falhas Aplicada à Compatibilidade de Projetos na Construção de Edifícios”, apresenta outros dados sobre o tema:

Outro fato sinalizador (das condições da indústria da construção) é o precário e muito impreciso controle na construção civil. O desperdício às vezes chega a 30% do custo total do empreendimento, e é ocasionado por “**falhas**” na especificação de materiais; **falhas** de projeto; **falhas** de durabilidade dos componentes; da mão-de-obra; do serviço terceirizado; da manutenção dos materiais utilizados nas obras. Como exemplo, pode-se observar na Figura 6 os percentuais das origens de cada uma das falhas registradas em 378 empresas ligadas ao setor da construção civil no Brasil, originado do trabalho de MAWAKDYE (1993).

Segundo o dicionário AURÉLIO, 1986, falha é “falta, defeito, missão, lacuna” ou deficiência, descontinuidade, negligência, erro, defeito, imperfeição, transgressão, desvirtude, vício, tortuosidade, desvio, malfeitoria (in Dicionário Analógico da Língua Portuguesa – idéias afins/ thesaurus – Francisco Ferreira dos Santos Azevedo – 2010 – 2ª ed. – Editora Lexikon).

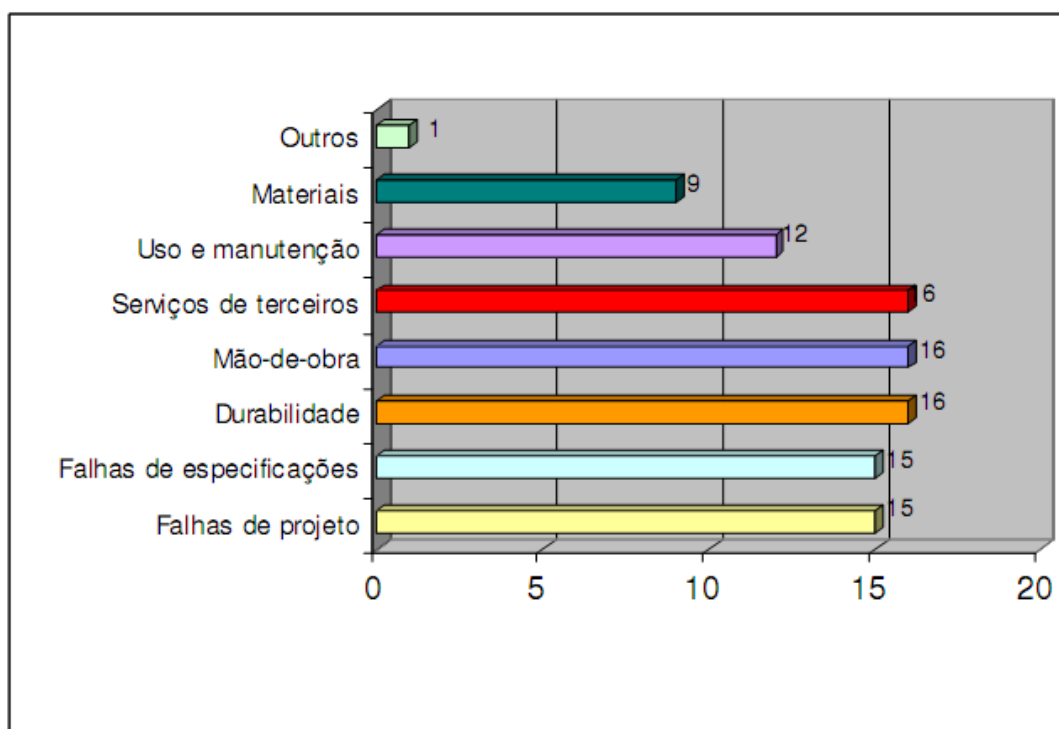


Figura 7. Distribuição Percentual da Origem das Falhas Registradas em Diversas Obras Civas.
Fonte: MAWAKDYE (1993).

Diante do exposto, pode-se considerar a importância do trabalho prévio da compatibilização de projetos voltado para a redução e prevenção de falhas construtivas e eventuais manifestações patológicas.

2.4.2. O Projeto de Obras Públicas

Vanni (2004), ainda em seu trabalho “Análise de Falhas Aplicada à Compatibilidade de Projetos na Construção de Edifícios”, apresenta uma pesquisa realizada em 14 estados brasileiros, abrangendo 48 empresas das diversas áreas de atuação no setor da construção civil, predominando o setor de construção e incorporação de edifícios. Vide tabela 3.

ATIVIDADE	QUALIDADE	(%)
OBRAS PÚBLICAS	5	10
INCORPORAÇÃO E CONSTRUÇÃO	34	7
PREDIAL PARA TERCEIROS	8	17
OUTRAS	1	2
TOTAL	48	100

Tabela 3. Principal Atividade da Empresa (SOUZA et al., 1999)

Ao analisarmos estes dados, no que se refere ao percentual de falhas e o percentual de obras públicas executadas, junto com uma observação aleatória da situação deste segmento, poderíamos supor que o índice de falhas e anomalias, geradas em fase de projeto, seriam maiores do que os demais segmentos.

Parte disto, como se pretende demonstrar, é causado por vícios institucionalizados na engenharia brasileira, decorrentes de imprecisão na compreensão do que estabelece a Lei 8666/93 que, em seu Artigo 6º, Item IX, define a forma de representação da obra pelo projeto básico e o que, na prática, se entende por projeto básico, como está retro-comentado.

2.4.3. Falhas que Ocorrem na Fase de Projeto

Estudos e trabalhos diversos destacam como origem das falhas ocasionadas por projetos:

- a) erros de concepção do projeto;
- b) projetos incompletos;
- c) erros de cálculo ou dimensionamento nos projetos;
- d) incompatibilidade dos diversos projetos;
- e) alterações nos projetos;
- f) conflitos entre os distintos projetos;

- g) falta de coordenação;
- h) tempo perdido em reuniões mal conduzidas;
- i) erros na especificação dos materiais;
- j) falta de especificação dos materiais;
- k) falta de detalhamento;
- l) dificuldades de interpretação de representação gráfica utilizada;
- m) planejamento inadequado;
- n) falta de padronização e construtibilidade.
- o) erros por falta, ou deficiência de revisão final dos projetos;
- p) erros por excesso de informações desnecessárias;
- q) erros devido à desobediência às normas técnicas.

Observa-se, portanto, que as perdas, na construção, englobando a ocorrência de desperdício de materiais, execução de tarefas desnecessárias e necessidade de antecipação de procedimentos de manutenção e correção, geram custos que serão arcados, no caso de obras públicas, pelo contribuinte.

Da mesma forma, percebe-se que os erros ocasionados por falhas de projeto fazem parte da rotina da maioria das construtoras e, normalmente, só são descobertos quando da efetiva execução da obra, no momento em que a dissociação entre o projeto apresentado e a sua execução poderão ser constatadas, exigindo revisão e novos cálculos, o que significa desperdício de tempo, e/ou de materiais, caso as discrepâncias só sejam constatadas, durante o andamento da obra, ou, ainda, o que será mais grave, se as discrepâncias forem solucionadas de qualquer maneira, sem considerar o conjunto das interdependências dos vários projetos que compõem a obra toda. Daí a importância de registrar as falhas e as soluções que foram dadas, de forma a integrar padrões de excelência e a aprender com as falhas para não voltar a repeti-las.

Uma pesquisa realizada pela construtora inglesa Taywood Engineering Limited (TÉCHNE,1998) diagnosticou que:

A pobreza na comunicação é, em boa parte, responsável pela aparente inabilidade da indústria da construção de aprender com seus próprios erros. Essa comunicação compreende o processo de revisão de projetos (design review), retorno e reutilização de lições aprendidas.

2.4.4. Manifestações Patológicas Originadas na Fase de Projeto

Entre as fases que compõem o processo de construir na engenharia e arquitetura, a fase de projeto é sem dúvida uma das mais importantes. Conforme já mencionado anteriormente, é no projeto que são estabelecidas as especificações técnicas para os materiais a serem utilizados na obra. Nele são definidos os aspectos relacionados às concepções funcionais da construção, procurando-se adequação apropriada de novos materiais e serviços, sempre associando estes à projeção para a vida útil do empreendimento.

No caso particular das estruturas de concreto para as edificações, a NBR 6118 (ABNT, 2007), em seu capítulo 5 (Requisitos gerais de qualidade da estrutura e avaliação da conformidade do projeto), item 5.1 (Requisitos de qualidade da estrutura), estabelece que as estruturas de concreto devam atender a três requisitos mínimos de qualidade, durante a sua construção e, posteriormente, em serviço. São eles:

- capacidade resistente,
- desempenho em serviço, e
- durabilidade.

A capacidade resistente consiste, basicamente, na certificação da segurança à ruptura. Por sua vez, o desempenho em serviço traduz-se na capacidade de a estrutura manter-se em plenas condições de utilização quanto ao uso para o qual foi projetada. Por fim, a durabilidade representa a capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais definidas na fase de projeto, compatibilizando-a com a vida útil previamente estabelecida para a mesma.

O item 5.2 (Requisitos de qualidade do projeto) da NBR 6118 (2007) estabelece que a solução estrutural, adotada em projeto, deva atender aos requisitos mínimos de qualidade fixados no item 5.1, além de considerar as interações arquitetônicas, funcionais, construtivas, estruturais e de integração com os demais projetos técnicos, tais como de instalações hidráulico-sanitárias, elétricas, dentre outras.

Os casos recorrentes de manifestações patológicas, causadas por deficiências originadas na fase de projeto, são de grande variedade. Cada caso é

específico, necessitando de análises técnicas criteriosas, a fim de que possam ser estabelecidos os diagnósticos precisos e aplicadas as terapias adequadas.

Em uma classificação genérica, poderíamos agrupar, de forma sucinta, as seguintes patologias decorrentes do projeto, como sendo as mais frequentes:

- Erros de cálculo ou dimensionamento nos projetos;
- Erros por falta de detalhamentos;
- Erros por falta ou deficiência de revisão final dos projetos;
- Erros de concepção nos projetos;
- Erros de incompatibilidade entre projetos;
- Erros de especificação de materiais;
- Erros por falta de especificações de materiais;
- Erros devido à falta de conhecimento técnico;
- Erros devido ao excesso de informações desnecessárias;
- Erros devido à falta de clareza dos projetos (escalas, etc.);
- Erros devido a não obediência às normas técnicas.

A seguir, sem a pretensão de exaurir o tema numa exposição mais detalhada, descrevem-se alguns dos principais erros cometidos na fase de projeto, tecendo-se comentários sobre as manifestações patológicas decorrentes, bem como os cuidados para que tais situações possam ser evitadas.

2.4.4.1. Manifestações Patológicas Decorrentes de Erros no Projeto Estrutural em Concreto Armado

No projeto de uma estrutura, podemos destacar quatro fatores fundamentais que merecem importância relevante (CÁNOVAS, 1988):

- Cumprimento das condições de equilíbrio básicas da Estática;
- Compatibilidade das deformações das peças estruturais e suas uniões;
- Apresentação das plantas e disposições adotadas, em escala suficientemente
- Clara, principalmente no tocante a detalhamentos de armaduras;
- Redação de memoriais descritivos e especificações técnicas, nos quais estejam determinadas todas as características dos materiais empregados, com formas de realização de suas instalações e controles.

Com relação ao fator “redação das especificações técnicas”, nos projetos estruturais em concreto armado, e ao cumprimento das condições de equilíbrio básicas da Estática e a compatibilidade das deformações das peças estruturais e suas uniões, apresentam-se fórmulas matemáticas que representam a estimativa de temperatura superficial de lajes e paredes expostas à radiação e os seus efeitos para a manifestação de patologias, como o surgimento de fissuras e de tensões de tração e de cisalhamento.

A figura 8. a seguir, apresenta a formulação que, matematicamente, traduz esta estimativa.

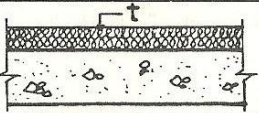
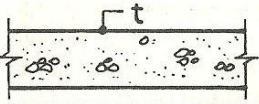
Presença ou não de isolação térmica	Cor da superfície exposta à radiação	
	cores claras	cores escuras
	$t_{\text{máx}} = t_A + 100 \text{ a}$ $t_{\text{mín}} = t_A - 20^\circ\text{F}$	$t_{\text{máx}} = 1,3 t_A + 130 \text{ a}$
	$t_{\text{máx}} = t_A + 75 \text{ a}$ $t_{\text{mín}} = t_A - 10^\circ\text{F}$	$t_{\text{máx}} = t_A + 100 \text{ a}$

Figura 8. Estimativa da Temperatura Superficial de Lajes e Paredes Expostas à Radiação, em °F. Fonte: Latta (1976 apud THOMAZ, 1989, p. 22).

As fissuras produzidas por variações térmicas tendem a aparecer com relativa frequência em lajes de médias e grandes dimensões, que estejam contidas nas suas deformações por vigas e/ou pilares de grande rigidez.

No caso específico das lajes de cobertura, elementos horizontais, normalmente mais expostos a variações térmicas do que os paramentos verticais a eles vinculados, conforme, já anteriormente mencionado, surgem movimentos diferenciados entre ambos. Somam-se aqui os efeitos das diferenças térmicas que ocorrem entre as superfícies superiores e inferiores destas lajes, com as temperaturas normalmente maiores nas primeiras, dando origem a tensões provenientes de flexão nestes elementos. Este agrupamento condicional de ações induz a tensões de tração, cisalhamento e torção, nos vínculos periféricos de apoio, podendo ali ser geradas patologias, caso estes elementos vinculares não sejam devidamente dimensionados para tais esforços solicitantes.

Exemplo frequente desta manifestação patológica ocorre quando lajes de forro apóiam-se diretamente sobre alvenarias de contorno. Segundo Thomaz (1989, p. 23), “A dilatação plana das lajes e o abaulamento provocado pelo gradiente de temperaturas ao longo de suas alturas introduzem tensões de tração e de cisalhamento nas paredes das edificações...”.

Considerando-se, ainda, conforme Chand (1979 *apud* THOMAZ, 1989, p. 22), “o coeficiente de dilatação térmica linear do concreto é aproximadamente duas vezes maior que o das alvenarias de uso corrente, considerando-se aí a influência das juntas de argamassa”, fica evidente a grande probabilidade do aparecimento de fissuração excessiva, neste caso quase que exclusivamente na parte superior das paredes.

Este mecanismo de fissuração será tanto mais intenso quanto mais afastado estiver o ponto considerado do centro geométrico de massa da estrutura: ponto de variações dimensionais de origem térmica, teoricamente nulas.

Fissuras, provocadas por variações térmicas, também tendem a manifestarem-se em pavimentos estruturados com grandes dimensões ortogonais e/ou com desproporcionalidade de rigidez entre grandes direções ortogonais, em muros de arrimo de grandes comprimentos e outros, sempre associadas à falta ou ineficiência das juntas de dilatação.

A falta de juntas de dilatação, convenientemente espaçadas, ou mesmo a execução defeituosa destas juntas, poderá acarretar fissuração nociva nos elementos

estruturais e, por conseguinte, nos materiais a eles justapostos, uma vez ultrapassados limites caracterizados por correlação aos seus módulos de deformação.

Várias são as manifestações patológicas que a variação da temperatura pode acarretar nas estruturas e materiais construtivos de forma geral. Cabe ao projeto prever e atenuar estes efeitos danosos, por meio da distribuição adequada de juntas de dilatação térmica, como também através de adequado dimensionamento destes elementos estruturais e materiais construtivos, compatibilizando-os aos seus respectivos limites admissíveis, quando em solicitação.

Em edifícios de vários andares, devem ser respeitadas as exigências construtivas prescritas pela Norma 6118/2007, para que sejam minimizados os efeitos das variações de temperatura sobre a estrutura da construção. (ABNT 6118, 2007, p. 56-57)

A apresentação em escala inequívoca das plantas e disposições adotadas, principalmente no detalhamento das armaduras, é um outro fator a se ter em atenção, pois caso contrário será passível de provocar manifestações patológicas, conforme está analisado, a seguir.

a) Posicionamento das Armaduras em Elementos de Concreto Armado.

Quando as armaduras de uma peça estrutural são projetadas, deve-se ter em mente a execução destas armaduras no local de destino.

O congestionamento de barras, que acontece principalmente nos apoios ou nos encontros de vigas, não aparece no desenho em separado destas vigas. Em decorrência disto, a aglomeração de barras, muitas vezes, conduz o ferreiro a desviar alguns vergalhões, tirando-os das posições previstas no projeto. Além disso, a falta de espaçamento adequado, entre as barras, prejudicará o lançamento do concreto e dificultará, sobremaneira, o processo de vibração deste.

Outro erro comum de detalhamento é o que se refere à falta de indicação do correto posicionamento das armaduras de espera, para a continuação dos pilares no andar subsequente.

Em decorrência, quando da concretagem do pilar superior, dobramentos inadequados, destas armaduras de espera e/ou falta de cobrimentos de concreto, poderão ocorrer.

Estes fatores, acarretando concentrações de tensões indesejáveis no concreto de entorno e induzindo a fenômenos de oxidação nas armaduras, poderão vir a comprometer a integridade da estrutura.

Nos casos em que o projeto determinar armaduras mais compridas do que as barras disponíveis no mercado, o projeto deverá demonstrar claramente as posições e os comprimentos dos traspasses ou detalhamento específico para as emendas por soldagem ou luvas. Posicionamentos corretos das armaduras, em nós de estruturas aporticadas, cuidados quanto a não existência de empuxo ao vazio nos cobrimentos, em ângulos de mudança de direção das armaduras e, dentre outros, determinação clara dos cobrimentos de concreto em cada elemento estrutural são de relevante importância para um eficiente funcionamento da estrutura projetada.

O projeto deverá demonstrar, claramente, o tipo de concreto especificado, indicando a sua resistência característica e o tipo de controle tecnológico a ser realizado.

Por fim, em casos de dúvidas ou falhas no projeto, o responsável pela execução da obra deverá sempre consultar o projetista, porque este tem, a princípio, a ciência do elemento construtivo em questão.

b) Clareza dos Projetos

Na representação gráfica, o projetista deve sempre levar em consideração que a quase total maioria das pessoas, envolvidas no processo construtivo, possuem conhecimentos adquiridos com a prática, como é o caso de encarregados, pedreiros, carpinteiros, ferreiros etc, que, em geral, não têm conhecimentos teóricos da engenharia. Devido a isto, os desenhos devem ser os mais detalhados e explicativos possíveis. Neste campo, dentro de certos limites, é sempre melhor pecar por excesso do que por falta, uma vez que um projeto, com insuficiência de detalhes, poderá induzir a interpretações equivocadas, conduzindo a erros demonstrados na maioria das vezes, por patologias posteriores.

c) Manifestações Patológicas Decorrentes de Erros nas Especificações e Não Cumprimento aos Ditames Normativos

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) designa “Especificação Técnica” aos documentos destinados à caracterização dos materiais, elementos de construção e equipamentos. Por sua vez, o termo “Procedimento Técnico” faz referência às prescrições de cálculos, metodologia para ensaios ou execução de serviços. Adequadas especificações e cumprimentos dos procedimentos normativos são fundamentais para o sucesso no processo construtivo, refletindo positivamente na etapa posterior de uso.

As especificações estabelecem as diretrizes nos serviços, orientam a fabricação, escolha, aquisição, utilização e aplicação de materiais, equipamentos e instalações.

Por sua vez, os procedimentos prescrevem os requisitos gerais a serem atendidos pelo projeto como um todo, bem como os relativos a cada uma de suas etapas.

As manifestações patológicas, associadas a erros nas especificações técnicas, estão relacionadas, basicamente, a problemas de propriedades dos materiais de construção, quanto às suas características físicas, químicas e mecânicas.

Inúmeros casos patológicos são provenientes da falta de critério na escolha de materiais com características resistentes a intemperismos, ou ao seu meio de exposição.

A incompatibilização de resistências mecânicas, nas estruturas e elementos de vedação, é muitas vezes proveniente de uma má especificação das resistências características dos materiais a serem utilizados.

Incoerências nos critérios de ordem econômica, envolvendo custos de aquisição dos materiais, custos de aplicação e equipamentos para tal, como também custos de conservação, podem repercutir em fenômenos patológicos futuros, resultantes de deficiências, nestes fatores, devido à impossibilidade econômica de realizá-los com o rigor técnico adequado.

Sendo as normas técnicas fontes confiáveis de procedimentos, para orientação de cálculos ou execução de serviços, a não observância destes poderá conduzir a erros, muitas vezes, de extremas consequências patológicas. Este é, sem dúvida, um dos fatores que mais contribuição traz no sentido da ocorrência de defeitos na fase de projetos.

Deve-se enfatizar, porém, que a elaboração de projetos não se resume em trabalho de consulta a tabelas e aplicação de formas e fórmulas padronizadas. Ao contrário, projetar requer pesquisas e adequações aos constantes avanços tecnológicos, que vão sendo disponibilizados no mercado, numa dinâmica de constantes renovações.

Projetar envolve não só o conhecimento de técnicas consagradas por sua eficiência, mas, também exige o domínio de novas conceituações.

O projetista deverá estar familiarizado com todos os fatores relacionados com o trabalho que vai desenvolver e, sobretudo, ter total compreensão das interações

existentes entre a tecnologia e fatores como segurança, flexibilidade e disposição racional de equipamentos no espaço disponibilizado.

3. LEVANTAMENTO DE INCOMPATIBILIDADES

3.1. APRESENTAÇÃO

Para a execução deste trabalho, foram tomados, aleatoriamente, doze projetos de obras públicas, de pequeno e médio porte, referentes a edificações escolares, obtendo as seguintes peças documentais:

- a) Projeto Inicial de Arquitetura;
- b) Projeto Executivo de Arquitetura;
- c) Memoriais Descritivos;
- d) Projeto Estrutural de Concreto Armado.

A razão de direcionar este estudo para as obras públicas escolares emerge da observação de inexistência de projetos e memoriais descritivos, devidamente compatibilizados, ou que, quando existem, são tratados apenas como ferramenta administrativa, para cumprir um mero procedimento administrativo, descurando o objetivo técnico da obra.

3.2. COLETA DE DADOS

O recorte da amostragem, como foi dito anteriormente, parcialmente aleatório, para a execução deste trabalho, resultou na reunião de doze projetos, randomicamente pinçados de obras destinadas ao ensino, em diversos municípios do Estado de São Paulo, com o recorte de análise apenas nos projetos de arquitetura e estruturais de concreto armado.

Esse objeto de estudo constituído pelos doze projetos de arquitetura e estruturais de concreto armado, serão identificados pelas letras de alfabeto, na sequência alfabética de **A** a **L**. Os projetistas também terão sua identidade real preservada, e, neste estudo, serão distinguidos pela denominação **“ARQ”**, no caso

dos projetistas de Arquitetura, e **“Est”**, no caso dos projetistas de estrutura de concreto armado, conforme aparece na Tabela 4, a seguir:

Item	Identificação	Projetista Arquitetura	Projetista Estrutural
1	PROJETO A	Arq 01	Est 01
2	PROJETO B	Arq 01	Est 02
3	PROJETO C	Arq 01	Est 01
4	PROJETO D	Arq 01	Est 03
5	PROJETO E	Arq 02	Est 04
6	PROJETO F	Arq 02	Estr 04
7	PROJETO G	Arq 03	Est 05
8	PROJETO H	Arq 04	Est 05
9	PROJETO I	Arq 05	Est 06
10	PROJETO J	Arq 05	Est 07
11	PROJETO K	Arq 06	Est 07
12	PROJETO L	Arq 06	Est 07

Tabela 4. Identificação de Projetos e Profissionais Projetistas

Fonte: Elaboração dos Autores

Em poder destas amostras, foram confrontados os projetos de arquitetura e projetos estruturais em concreto armado, para verificação quanto à compatibilização destes projetos. Dentre as falhas encontradas, foram desconsideradas as ocorrências específicas e pontuais, dando-se atenção às falhas mais freqüente a comuns para a geração de dados estatísticos satisfatórios.

O levantamento e a análise das incompatibilidades, entre os projetos arquitetônico e estrutural em concreto armado, foram realizados com a sobreposição das plantas de fôrma das lajes, com as plantas de arquitetura de cada pavimento.

Quando possível, com o auxílio do *software* CAD, os arquivos digitais, contendo os desenhos de cada especialidade, foram sobrepostos, tendo escalas de plotagem e cores dos *“layers”* compatibilizados, para melhor verificação. Todas as

interferências físicas identificadas foram registradas em tabelas, nas quais são apresentadas as divergências, contendo, a tipologia e a sua descrição.

Os projetos, que não estavam disponíveis em formato digital, foram comparados utilizando-se a sobreposição de projeto arquitetônico, impresso em papel sulfite, e projeto estrutural, impresso em vegetal.

A metodologia da análise se baseou em nove itens a serem checados no grupo dos doze projetos, por terem sido esses itens os que tiveram maior frequência de ocorrência na manifestação de patologias em razão das falhas e/ou incompatibilidades nos projetos arquitetônicos e estruturais em concreto armado. São eles: altura de laje, altura de vigas, espessura dos elementos de vedação, diferenças de cotas, elementos estruturais não previstos no projeto de arquitetura, juntas de dilatação não previstas, elementos estruturais reduzindo vãos de esquadrias, elementos estruturais interrompendo ou sobrepondo esquadrias e elementos estruturas reduzindo espaço na circulação. A seguir, a explicação de como cada item será analisado e aplicado ao objeto de pesquisa:

a) Altura de Laje: este item será considerado quando o espaço dimensionado, pelo projetista de arquitetura, estabelecer uma espessura de laje específica, para um determinado pé direito, e a altura, calculada pelo projetista estrutural, exceder esta dimensão, ocasionando ou a diminuição do pé direito projetado, ou alteração da altura total da obra. Vide Figura 9.

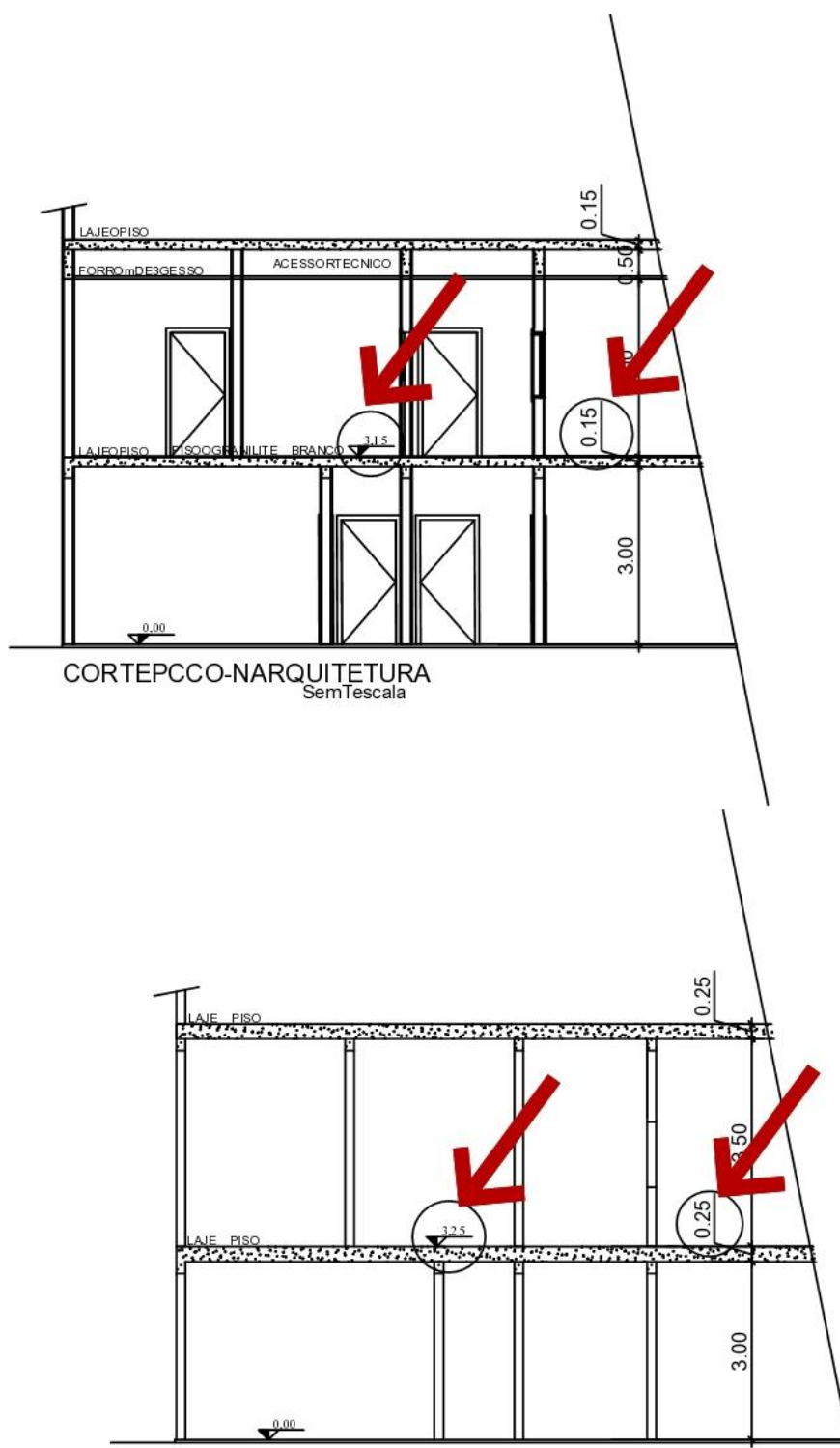


Figura 9. Exemplificação da Incompatibilidade 1 e 4.

Fonte: Arquivo dos Autores. /Osni, checar a numeração das Figuras e Tabelas/

b) Altura de vigas: este item será considerado quando o espaço dimensionado, pelo projetista de arquitetura, estabelecer uma altura específica de viga para um determinado pé direito útil, e a altura, calculada pelo projetista estrutural, exceder esta dimensão, ocasionando ou a diminuição do pé direito útil projetado, ou alteração da altura total da obra.

c) Espessura dos elementos de vedação: Este item será considerado quando o espaço dimensionado, pelo projetista de arquitetura, estabelecer uma espessura de vedo específica, para abrigar elementos estruturais, e o espaço, calculado pelo projetista estrutural, exceder esta dimensão, ocasionando ou a diminuição da área, ou interferir nas dimensões internas ou externas da obra. Vide figura 10.

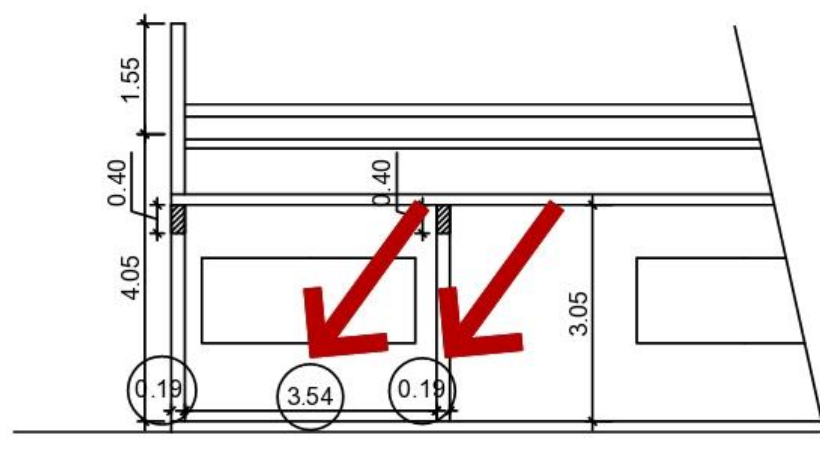
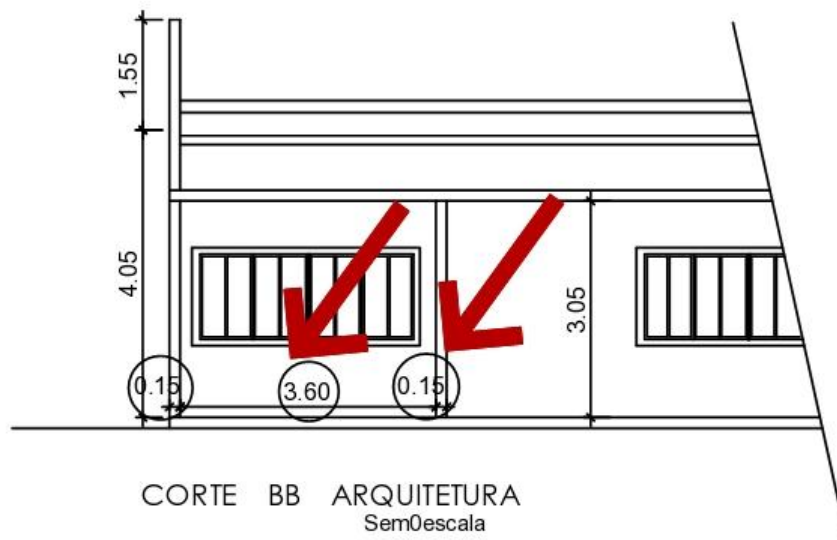


Figura 10 - Exemplificação da Incompatibilidade 3.
Fonte: Arquivo dos Autores.

d) Diferença de cotas: este item será considerado quando houver erros de demarcação de cotas, ou na ocorrência dos itens “1º”, “2º” e “3º”. Vide figura 9.

e) Elementos estruturais não previstos no projeto de arquitetura: este item será considerado quando surgirem elementos estruturais não previstos pelo projetista de arquitetura. Vide Figura 11.

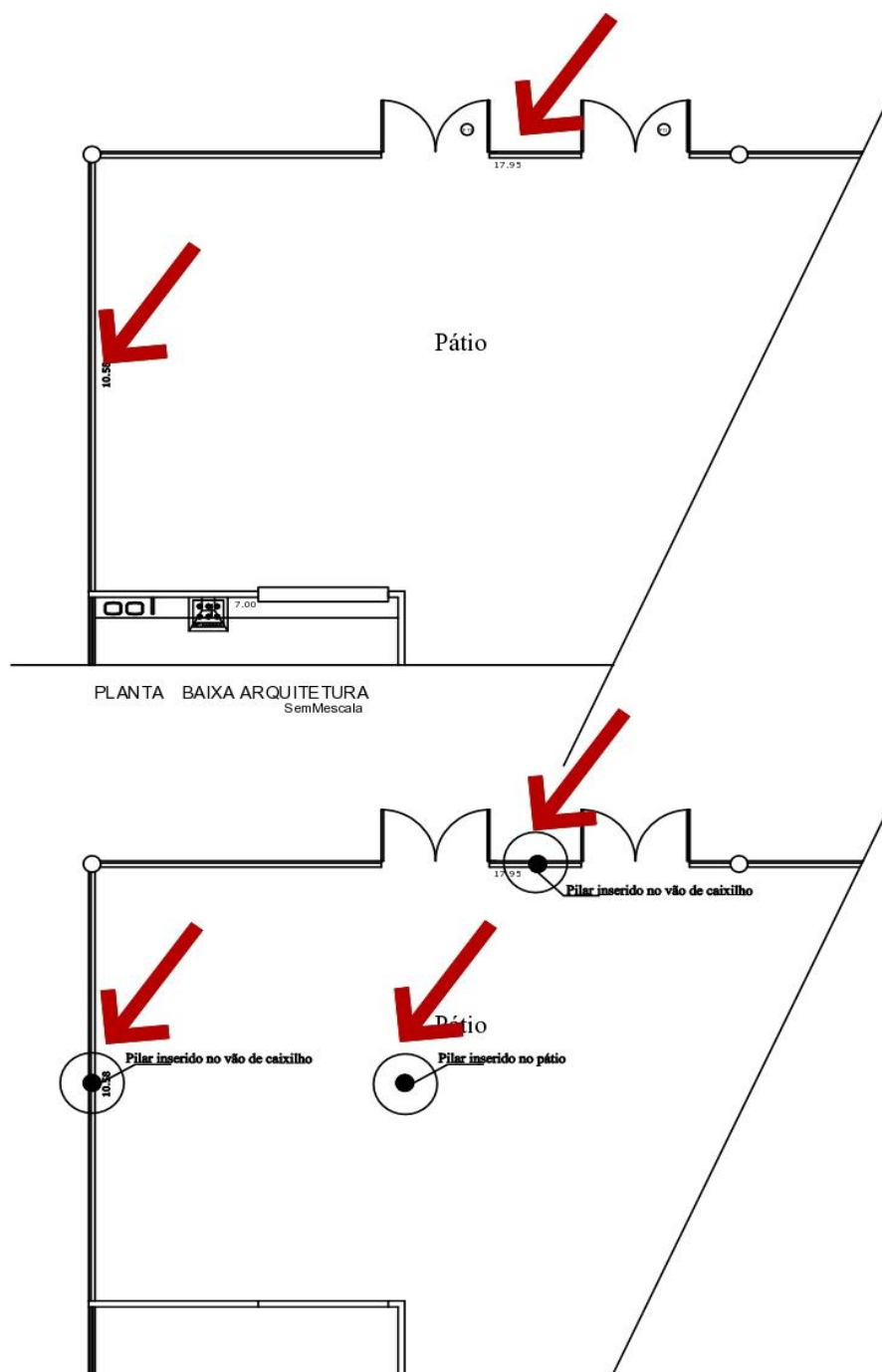


Figura 11. Exemplificação da Incompatibilidade 5. Fonte: Arquivo dos Autores

f) Juntas de dilatação não previstas: Este item será considerado na eventualidade de não ocorrência de previsão de juntas de dilatação, o que alterará o espaço interno projetado pelo projetista de arquitetura. Vide Figura 12.

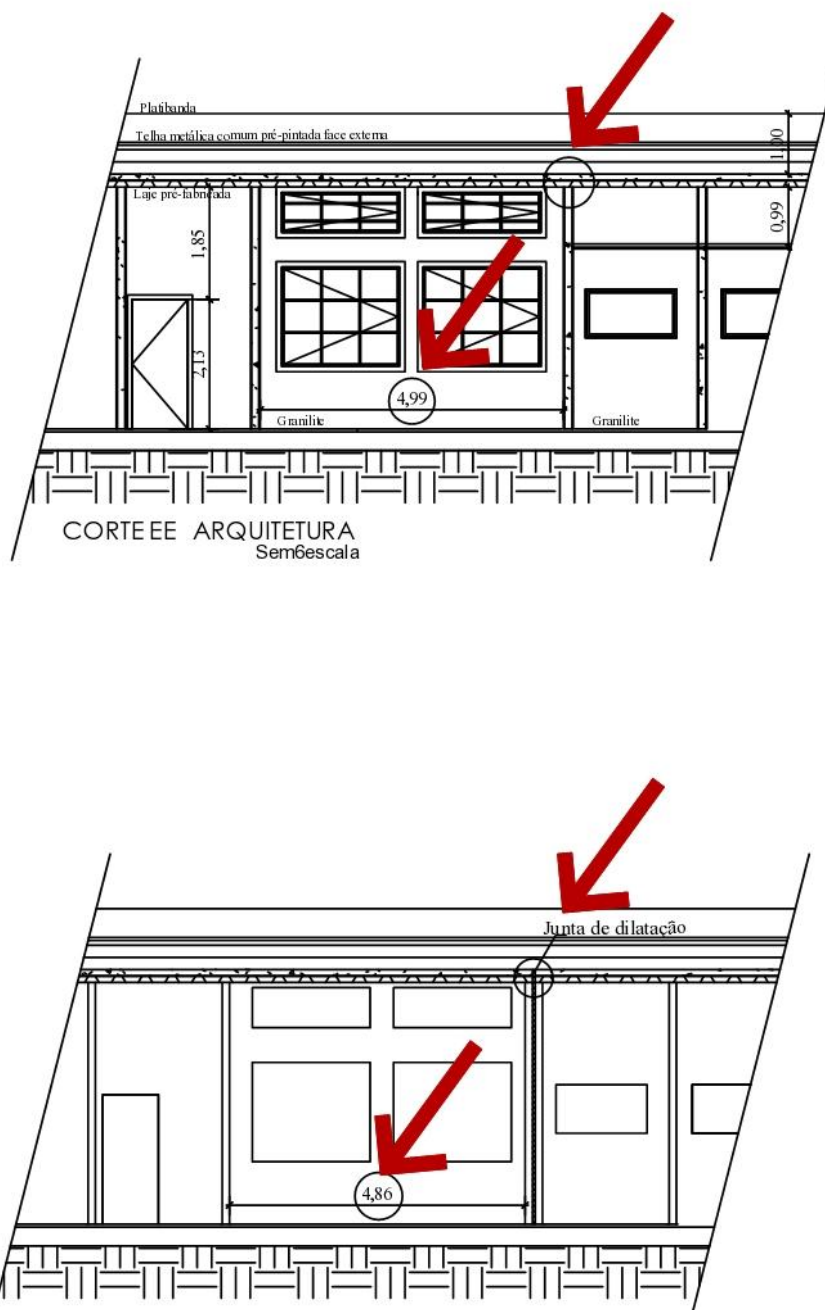


Figura 12 - Exemplificação da Incompatibilidade 6.
Fonte: Arquivo dos Autores.

g) Elementos estruturais reduzindo vãos de esquadrias: Este item será considerado quando elementos estruturais vierem a interferir nas dimensões das esquadrias. Vide Figuras 13 e 14.

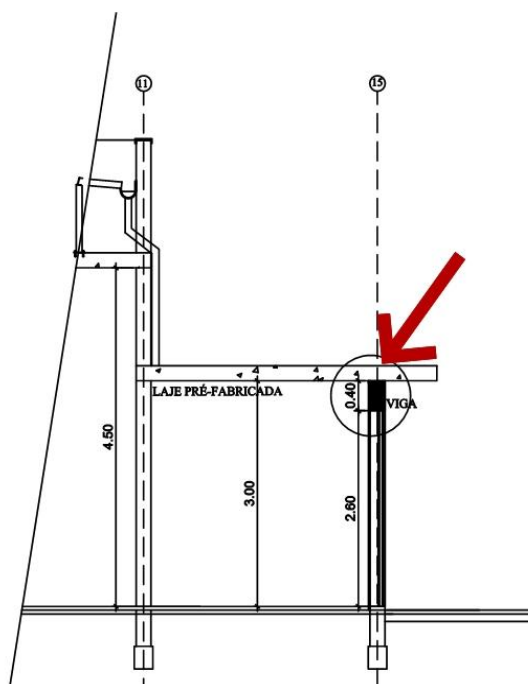
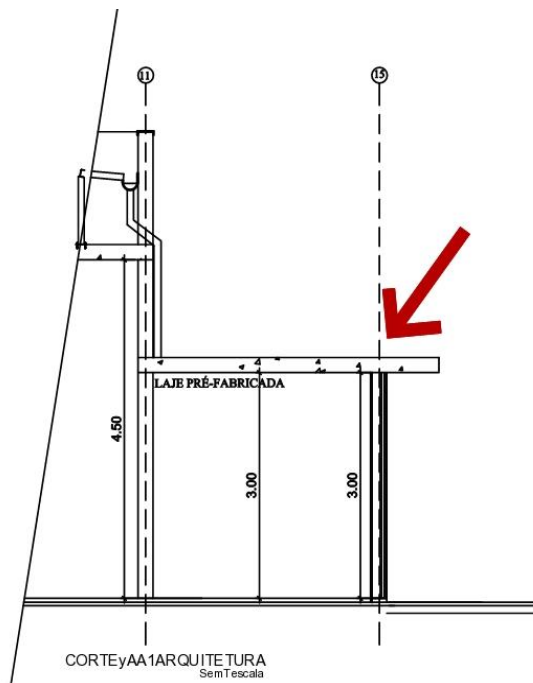


Figura 13 Exemplificação da Incompatibilidade 7 e 8
Fonte: Arquivo dos Autores.

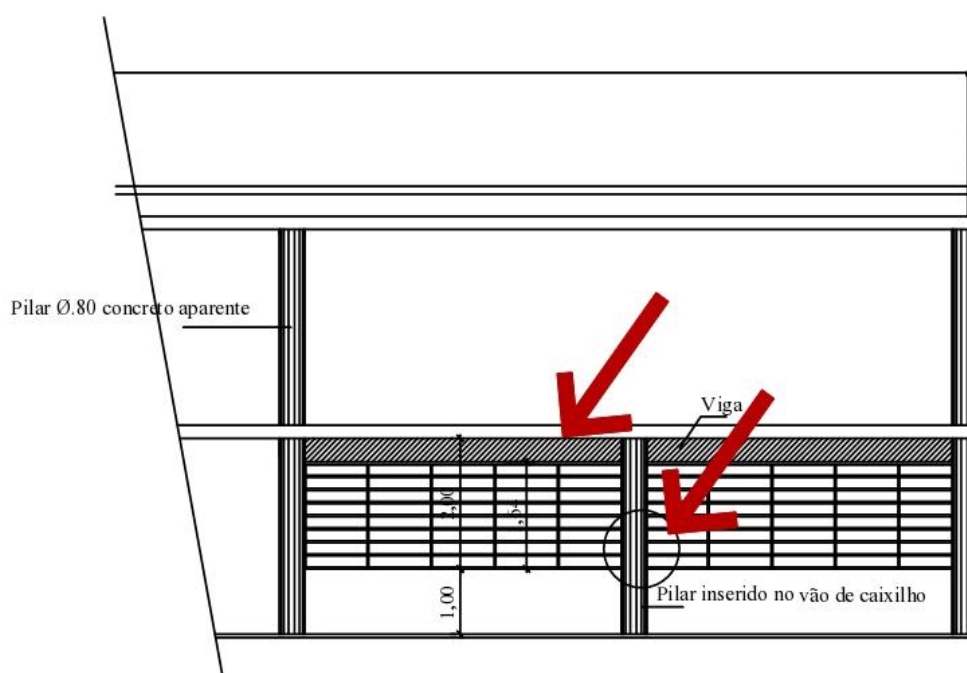
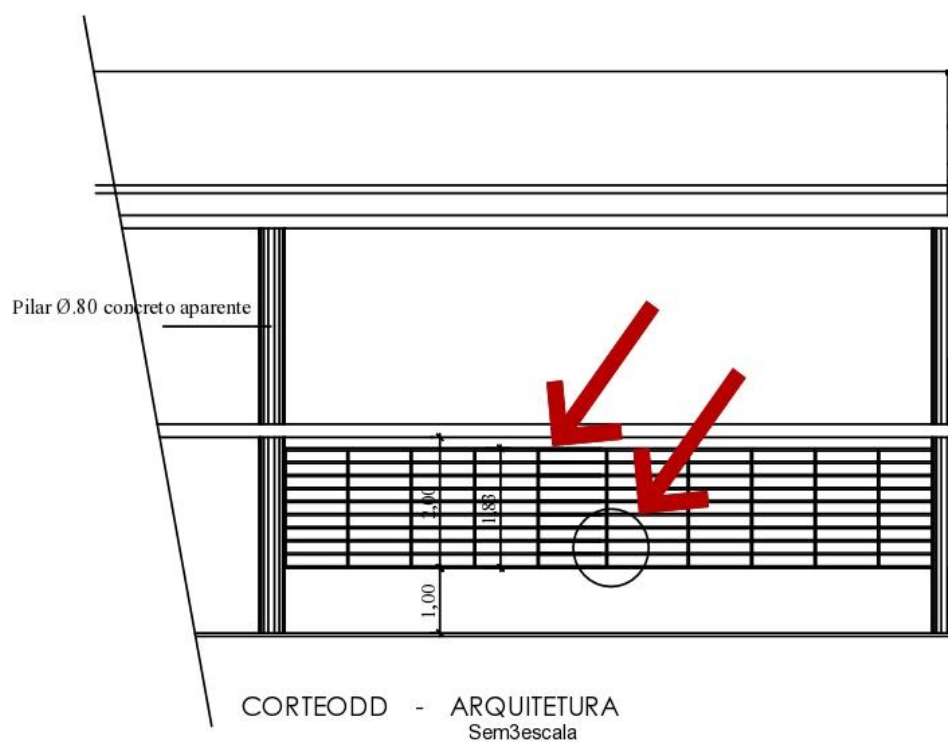


Figura 14 - Exemplificação da Incompatibilidade 7 e 8.

Fonte: arquivo dos autores.

h) Elementos estruturais interrompendo ou sobrepondo esquadrias: este item será considerado quando elementos estruturais interromperem as esquadrias projetadas Vide Figuras 13 e 14.

i) Elementos estruturais reduzindo espaço de circulação: este item será considerado quando elementos estruturais prejudicarem o espaço interno da edificação. Vide Figura 15.

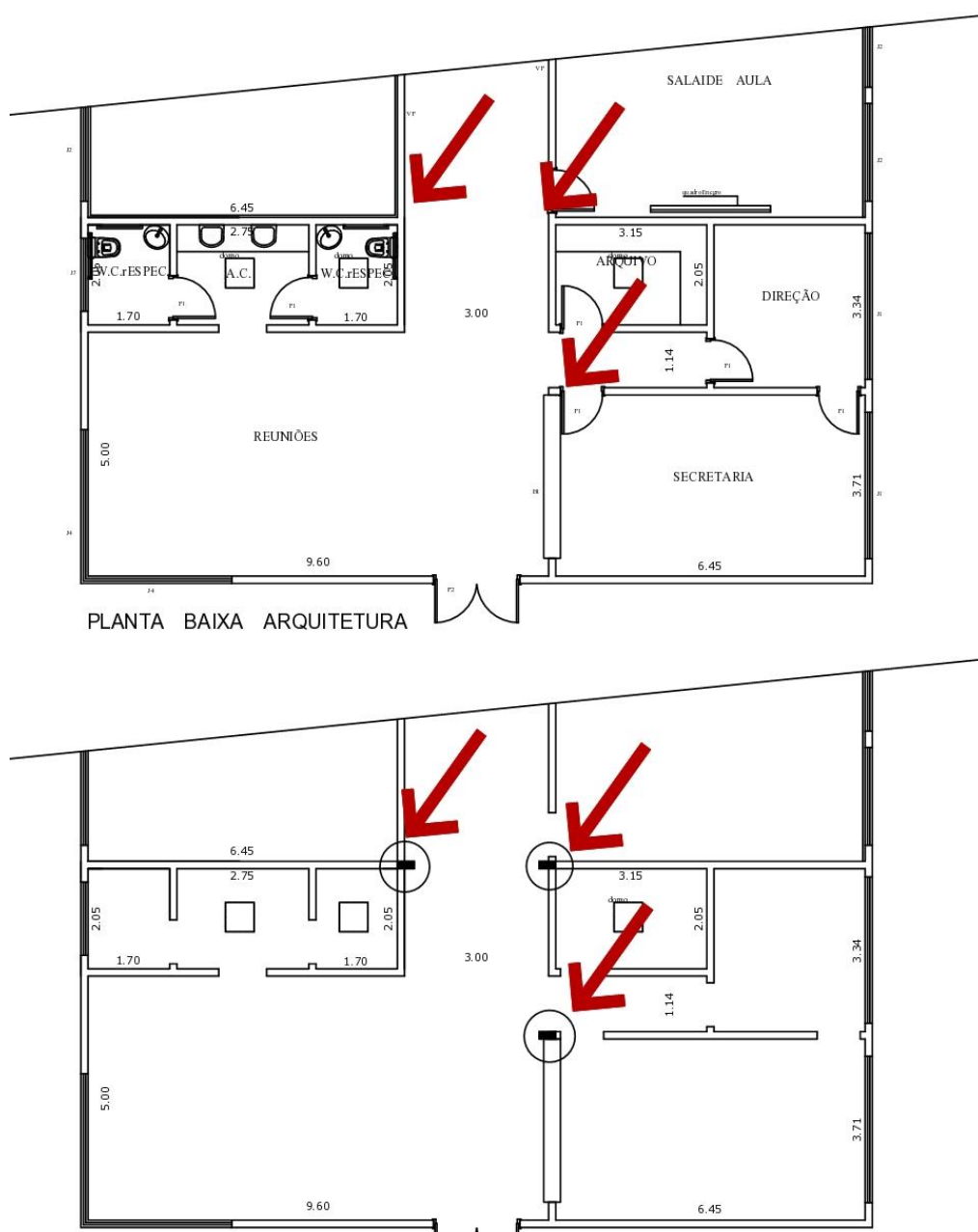


Figura 15 - Exemplificação da Incompatibilidade 9.
Fonte: Arquivo dos Autores.

Uma vez realizada a análise comparativa entre os projetos, serão verificadas a ocorrência, ou não, de incompatibilidades, em relação aos itens, utilizando “0” para não ocorrência e “1” para ocorrência de incompatibilidade e, em seguida, neste quadro de registro, elaborado pelos autores, há a descrição dos danos causados pela incompatibilidade, caso ela ocorra na obra, identificada neste estudo conforme consta, por letras do alfabeto de “A” a “L”, e os projetistas por “Arq” e “Est”.

3.2.1. Coleta de Dados – Projeto A – Tabela 5

O projeto A é uma escola em dois pavimentos, destinada ao ensino fundamental, com uma área total construída de 1829,50m², sobre um terreno de 1650m², a ser construída em alvenaria de blocos de concreto, lajes pré moldadas e estrutura em concreto armado.

Seus projetistas foram identificados com “Arq 01” e “Est 01”.

O Projeto A apresentou, como falhas de compatibilidade, diferenças nas alturas de lajes e vigas, o que teve como consequência direta a alteração nas cotas e alturas do gabarito geral da obra.

Em alguns pontos, ocorreu, sem prejuízos, a presença de elementos estruturais não previstos no projeto de arquitetura, alterando a modulação e quantidades dos elementos de vedação, afetando também a modulação das esquadrias contínuas, neste projeto.

Projeto		Projetistas	Arq 01
"A"			Est 01
Área construída (m²)		1829,50	
pavimentos		2	
item	Incompatibilidade	Ocorrência	Danos causados pela incompatibilidade
1	Altura de laje	1	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de laje, altera a altura útil interna ou a altura total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos

2	<i>Altura de vigas</i>	1	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de viga, altera as dimensões úteis internas ou a dimensão total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
3	<i>Espessura dos elementos de vedação</i>	0	Projetos, com falhas no dimensionamento de elementos de vedação, geram redução no espaço interno
4	<i>Diferença de cotas</i>	1	Causados por falhas de revisão de projetos de ambas as partes, geram incompatibilidades construtivas
5	<i>Elementos estruturais não previstos no projeto de arquitetura</i>	0	Causados por falhas de concepção e revisão de projetos, geram alterações no espaço interno
6	<i>Juntas de dilatação não previstas</i>	0	A ausência de referências quanto à intenção dos projetistas envolvidos, provocam divergências nas soluções técnicas adotadas.
7	<i>Elementos estruturais reduzindo vãos de esquadrias</i>	0	Ocorrem pela falta de domínio das técnicas construtivas por parte do arquiteto e/ou não informação do arquiteto quanto às suas intenções.
8	<i>Elementos estruturais interrompendo ou sobrepondo esquadrias</i>	1	Causados por falta de previsão dimensional
9	<i>Elementos estruturais reduzindo espaço de circulação</i>	0	Causados por falta de previsão dimensional

0	<i>Inexistência de ocorrência</i>
1	<i>Ocorrência</i>

Tabela 5. Verificação de Incompatibilidade de Projeto Arquitetônico x Estrutural “A”
Elaborada pelos Autores.

3.2.2. Coleta de Dados – Projeto B – Tabela 6

O projeto B é de uma construção escolar em dois pavimentos, destinada ao ensino fundamental e médio, com uma área total construída de 5092,10m², sobre um terreno de 8030,48m², a ser construída em alvenaria de blocos de concreto, lajes pré moldadas e estrutura em concreto armado.

Seus projetistas foram identificados com “Arq 01”, o mesmo do Projeto “A”, e “Est 02”.

O Projeto B apresentou, como falhas de compatibilidade, diferenças nas alturas de vigas e ausência de previsão de juntas de dilatação, o que teve como consequência a alteração de cotas e redução do pé direito útil do pavimento térreo.

Em alguns pontos, ocorreu o aumento de dimensões de pilares, não previstos no projeto de arquitetura, alterando a modulação e quantidades dos blocos de vedação, além de afetar a modulação das esquadrias, do projeto arquitetônico. O espaço de circulação será afetado em função deste dimensionamento.

Projeto		Projetistas	Arq 01
"B"			Est 02
Área construída (m²)		5092,10	
pavimentos		2	
item	Incompatibilidade	Ocorrência	Danos causados pela incompatibilidade
1	Altura de laje	0	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de laje, altera a altura útil interna ou a altura total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
2	Altura de vigas	1	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de viga, altera as dimensões úteis internas ou a dimensão total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
3	Espessura dos elementos de vedação	0	Projetos, com falhas no dimensionamento de elementos de vedação, geram redução no espaço interno
4	Diferença de cotas	1	Causados por falhas de revisão de projetos de ambas as partes, geram incompatibilidades construtivas
5	Elementos estruturais não previstos no projeto de arquitetura	0	Causados por falhas de concepção e revisão de projetos, geram alterações no espaço interno
6	Juntas de dilatação não previstas	1	A ausência de referências quanto à intenção dos projetistas envolvidos, provocam divergências nas soluções técnicas adotadas.

7	Elementos estruturais reduzindo vãos de esquadrias	1	Ocorrem pela falta de domínio das técnicas construtivas por parte do arquiteto e/ou não informação do arquiteto quanto às suas intenções.
8	Elementos estruturais interrompendo ou sobrepondo esquadrias	0	Causados por falta de previsão dimensional
9	Elementos estruturais reduzindo espaço de circulação	1	Causados por falta de previsão dimensional

0	Inexistência de ocorrência
1	Ocorrência

Tabela 6. Verificação de Incompatibilidade de Projeto Arquitetônico x Estrutural “B”
Elaborada pelos Autores

3.2.3. Coleta de Dados – Projeto C – Tabela 7

O projeto C é de uma escola em dois pavimentos, destinada ao ensino fundamental, com uma área total construída de 3263,31m², sobre uma área de 15.080,60m², a ser construída em alvenaria de blocos cerâmicos, lajes maciças e estrutura em concreto armado.

Seus projetistas foram identificados com “Arq 01”, o mesmo do Projeto “A” e “Est 01”, o mesmo do Projeto “A”.

O Projeto C apresentou, como falhas de compatibilidade, diferenças nas alturas de lajes, o que teve como consequência a alteração nas cotas e alturas do gabarito geral da obra.

Em alguns pontos, ocorreu a presença de elementos estruturais não previstos no projeto de arquitetura, alterando a modulação e quantidades dos blocos de vedação, afetando diretamente a modulação das esquadrias contínuas, do projeto arquitetônico.

Projeto	Projetistas	Arq 01
"C"		Est 01
Área construída (m²)	3263,31	

Pavimentos		2	
item	Incompatibilidade	Ocorrência	Danos causados pela incompatibilidade
1	Altura de laje	1	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de laje, altera a altura útil interna ou a altura total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
2	Altura de vigas	0	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de viga, altera as dimensões úteis internas ou a dimensão total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
3	Espessura dos elementos de vedação	0	Projetos, com falhas no dimensionamento de elementos de vedação, geram redução no espaço interno
4	Diferença de cotas	1	Causados por falhas de revisão de projetos de ambas as partes, geram incompatibilidades construtivas
5	Elementos estruturais não previstos no projeto de arquitetura	1	Causados por falhas de concepção e revisão de projetos, geram alterações no espaço interno
6	Juntas de dilatação não previstas	0	A ausência de referências quanto à intenção dos projetistas envolvidos, provocam divergências nas soluções técnicas adotadas.
7	Elementos estruturais reduzindo vãos de esquadrias	0	Ocorrem pela falta de domínio das técnicas construtivas por parte do arquiteto e/ou não informação do arquiteto quanto às suas intenções.
8	Elementos estruturais interrompendo ou sobrepondo esquadrias	1	Causados por falta de previsão dimensional
9	Elementos estruturais reduzindo espaço de circulação	0	Causados por falta de previsão dimensional

0	Inexistência de ocorrência
1	Ocorrência

Tabela 7. Verificação de Incompatibilidade de Projeto Arquitetônico x Estrutural “C”
Elaborada pelos Autores.

3.2.4. Coleta de Dados – Projeto D - Tabela 8

O projeto D é de uma escola em dois pavimentos destinada ao ensino fundamental, com uma área total construída de 2927,67m², sobre um terreno de 2.750,00m², a ser construída em alvenaria de blocos de concreto, lajes pré-moldadas e estrutura em concreto armado.

Seus projetistas foram identificados com “Arq 01”, o mesmo do Projeto “A” e “Est 03”.

O Projeto D apresentou falhas de compatibilidade, inicialmente em diferenças nas alturas de vigas, o que teve, como solução no projeto estrutural, a alteração das cotas e alturas do gabarito geral da obra.

Em alguns pontos, ocorreram prejuízos à modulação das esquadrias especificadas no projeto arquitetônico, além do dimensionamento estrutural gerar alterações no espaço da circulação interna.

Projeto		Projetistas	Arq 01
"D"			Est 03
Área construída (m²)		2927,67	
Pavimentos		2	
item	Incompatibilidade	Ocorrência	Danos causados pela incompatibilidade
1	Altura de laje	0	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de laje, altera a altura útil interna ou a altura total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
2	Altura de vigas	1	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de viga, altera as dimensões úteis internas ou a dimensão total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
3	Espessura dos elementos de vedação	0	Projetos, com falhas no dimensionamento de elementos de vedação, geram redução no espaço interno
4	Diferença de cotas	1	Causados por falhas de revisão de projetos de ambas as partes, geram incompatibilidades construtivas
5	Elementos estruturais não previstos no projeto de arquitetura	0	Causados por falhas de concepção e revisão de projetos, geram alterações no espaço interno

6	Juntas de dilatação não previstas	0	A ausência de referências quanto à intenção dos projetistas envolvidos, provocam divergências nas soluções técnicas adotadas.
7	Elementos estruturais reduzindo vãos de esquadrias	1	Ocorrem pela falta de domínio das técnicas construtivas por parte do arquiteto e/ou não informação do arquiteto quanto às suas intenções.
8	Elementos estruturais interrompendo ou sobrepondo esquadrias	0	Causados por falta de previsão dimensional
9	Elementos estruturais reduzindo espaço de circulação	1	Causados por falta de previsão dimensional

0	Inexistência de ocorrência
1	Ocorrência

Tabela 8. Verificação de Incompatibilidade de Projeto Arquitetônico x Estrutural "D"
Elaborada pelos Autores.

3.2.5. Coleta de Dados – Projeto E – Tabela 9

O projeto E é de uma escola em dois pavimentos, destinada ao ensino médio, com uma área total construída de 2.309,38, sobre uma área de 1804,00m², a ser construída em alvenaria de blocos cerâmicos, lajes maciças e estrutura em concreto armado.

Seus projetistas foram identificados com "Arq 02" e "Est 04".

O Projeto E apresentou, como falhas de compatibilidade, diferenças na espessura dos elementos de vedação, o que resultou em alteração nas cotas internas e o consequente prejuízo no espaço de circulação. A correção na largura dos elementos de vedação afetará diretamente a modulação das esquadrias do projeto arquitetônico.

Projeto	Projetistas	Arq 02
"E"		Est 04
Área construída (m²)	2309,38	

Pavimentos		2	
item	Incompatibilidade	Ocorrência	Danos causados pela incompatibilidade
1	Altura de laje	0	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de laje, altera a altura útil interna ou a altura total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
2	Altura de vigas	0	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de viga, altera as dimensões úteis internas ou a dimensão total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
3	Espessura dos elementos de vedação	1	Projetos, com falhas no dimensionamento de elementos de vedação, geram redução no espaço interno
4	Diferença de cotas	1	Causados por falhas de revisão de projetos de ambas as partes, geram incompatibilidades construtivas
5	Elementos estruturais não previstos no projeto de arquitetura	0	Causados por falhas de concepção e revisão de projetos, geram alterações no espaço interno
6	Juntas de dilatação não previstas	1	A ausência de referências quanto à intenção dos projetistas envolvidos, provocam divergências nas soluções técnicas adotadas.
7	Elementos estruturais reduzindo vãos de esquadrias	0	Ocorrem pela falta de domínio das técnicas construtivas por parte do arquiteto e/ou não informação do arquiteto quanto às suas intenções.
8	Elementos estruturais interrompendo ou sobrepondo esquadrias	0	Causados por falta de previsão dimensional
9	Elementos estruturais reduzindo espaço de circulação	1	Causados por falta de previsão dimensional

0	Inexistência de ocorrência
1	Ocorrência

Tabela 9. Verificação de Incompatibilidade de Projeto Arquitetônico x Estrutural “E”
Elaborada pelos Autores.

3.2.6. Coleta de Dados – Projeto F – Tabela 10

O projeto F é de uma escola em dois pavimentos, com uma área total construída de 1831,50m², sobre uma área de 1660,47m², a ser construída em alvenaria de blocos cerâmicos, lajes pré moldadas e estrutura em concreto armado.

Seus projetistas foram identificados com “Arq 02”, o mesmo do Projeto “E”, e “Est 04”, o mesmo do Projeto “E”.

O Projeto F apresentou, como falhas de compatibilidade, diferenças nas alturas de vigas, acarretando, como consequência, a alteração nas cotas do pé direito e redução da altura útil.

Ocorreu, ainda, a presença de elementos estruturais não previstos, ou subdimensionados inicialmente, no projeto de arquitetura, alterando a modulação e quantidades dos blocos de vedação, afetando diretamente a modulação das esquadrias, contínuas, do projeto arquitetônico. Juntas de dilatação igualmente não foram previstos em projeto.

Projeto		Projetistas	Arq 02
"F"			Est 04
Área construída (m²)		1831,71	
pavimentos		2	
item	Incompatibilidade	Ocorrência	Danos causados pela incompatibilidade
1	Altura de laje	0	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de laje, altera a altura útil interna ou a altura total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
2	Altura de vigas	1	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de viga, altera as dimensões úteis internas ou a dimensão total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
3	Espessura dos elementos de vedação	1	Projetos, com falhas no dimensionamento de elementos de vedação, geram redução no espaço interno
4	Diferença de cotas	1	Causados por falhas de revisão de projetos de ambas as partes, geram incompatibilidades construtivas

5	Elementos estruturais não previstos no projeto de arquitetura	0	Causados por falhas de concepção e revisão de projetos, geram alterações no espaço interno
6	Juntas de dilatação não previstas	1	A ausência de referências quanto à intenção dos projetistas envolvidos, provocam divergências nas soluções técnicas adotadas.
7	Elementos estruturais reduzindo vãos de esquadrias	1	Ocorrem pela falta de domínio das técnicas construtivas por parte do arquiteto e/ou não informação do arquiteto quanto às suas intenções.
8	Elementos estruturais interrompendo ou sobrepondo esquadrias	0	Causados por falta de previsão dimensional
9	Elementos estruturais reduzindo espaço de circulação	1	Causados por falta de previsão dimensional

0	Inexistência de ocorrência
1	Ocorrência

Tabela 10. Verificação de Incompatibilidade de Projeto Arquitetônico x Estrutural “F”
Elaborada pelos Autores.

3.2.7. Coleta de Dados – Projeto G – Tabela 11

O projeto G é de uma escola em dois pavimentos, destinada ao ensino maternal, com uma área total construída de 1316,73m², sobre uma área de 23.050m², a ser construída em alvenaria de blocos de concreto, lajes pré-moldadas e estrutura em concreto armado.

Seus projetistas foram identificados com “Arq 03” e “Est 05”.

O Projeto G apresentou poucas falhas de compatibilidade, tais como, ausência de previsão de juntas de dilatação, que alteraram em pequena escala as cotas do projeto.

Projeto "G"		Projetistas	Arq 03 Est 05
Área construída (m²)		1316,73	
pavimentos		2	
item	Incompatibilidade	Ocorrência	Danos causados pela incompatibilidade
1	Altura de laje	0	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de laje, altera a altura útil interna ou a altura total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
2	Altura de vigas	0	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de viga, altera as dimensões úteis internas ou a dimensão total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
3	Espessura dos elementos de vedação	0	Projetos, com falhas no dimensionamento de elementos de vedação, geram redução no espaço interno
4	Diferença de cotas	1	Causados por falhas de revisão de projetos de ambas as partes, geram incompatibilidades construtivas
5	Elementos estruturais não previstos no projeto de arquitetura	0	Causados por falhas de concepção e revisão de projetos, geram alterações no espaço interno
6	Juntas de dilatação não previstas	1	A ausência de referências quanto à intenção dos projetistas envolvidos, provocam divergências nas soluções técnicas adotadas.
7	Elementos estruturais reduzindo vãos de esquadrias	0	Ocorrem pela falta de domínio das técnicas construtivas por parte do arquiteto e/ou não informação do arquiteto quanto às suas intenções.
8	Elementos estruturais interrompendo ou sobrepondo esquadrias	0	Causados por falta de previsão dimensional
9	Elementos estruturais reduzindo espaço de circulação	0	Causados por falta de previsão dimensional

0	Inexistência de ocorrência
1	Ocorrência

Tabela11. Verificação de Incompatibilidade de Projeto Arquitetônico x Estrutural "G"
Elaborada pelos Autores.

3.2.8. Coleta de Dados – Projeto H – Tabela 12

O projeto H é de uma escola em dois pavimentos, com uma área total construída de 7000,38 m², assentada sobre uma área de 9.864,38 m², a ser construída em alvenaria de blocos cerâmicos, lajes maciças de concreto e estrutura em concreto armado.

Seus projetistas foram identificados com “Arq 04”, o mesmo do Projeto “A”, e “Est 05”, o mesmo do Projeto “G”.

O Projeto H apresentou, como falhas de compatibilidade, diferenças nas alturas de vigas, e espessura da largura dos elementos de vedação, levando à alteração nas cotas e alturas do pé direito útil, e com pequena diferença no gabarito geral da obra, além da alteração da modulação das esquadrias, contínuas, do projeto arquitetônico. Observou-se igualmente a redução do espaço de circulação.

Projeto		Projetistas	Arq 04
"H"			Est 05
Área construída (m²)		7000,38	
pavimentos		2	
item	Incompatibilidade	Ocorrência	Danos causados pela incompatibilidade
1	Altura de laje	0	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de laje, altera a altura útil interna ou a altura total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
2	Altura de vigas	1	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de viga, altera as dimensões úteis internas ou a dimensão total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
3	Espessura dos elementos de vedação	0	Projetos, com falhas no dimensionamento de elementos de vedação, geram redução no espaço interno
4	Diferença de cotas	1	Causados por falhas de revisão de projetos de ambas as partes, geram incompatibilidades construtivas
5	Elementos estruturais não previstos no projeto de arquitetura	0	Causados por falhas de concepção e revisão de projetos, geram alterações no espaço interno

6	Juntas de dilatação não previstas	0	A ausência de referências quanto à intenção dos projetistas envolvidos, provocam divergências nas soluções técnicas adotadas.
7	Elementos estruturais reduzindo vãos de esquadrias	0	Ocorrem pela falta de domínio das técnicas construtivas por parte do arquiteto e/ou não informação do arquiteto quanto às suas intenções.
8	Elementos estruturais interrompendo ou sobrepondo esquadrias	1	Causados por falta de previsão dimensional
9	Elementos estruturais reduzindo espaço de circulação	1	Causados por falta de previsão dimensional

0	Inexistência de ocorrência
1	Ocorrência

Tabela 12. Verificação de Incompatibilidade de Projeto Arquitetônico x Estrutural “H”
Elaborada pelos Autores.

3.2.9. Coleta de Dados – Projeto I – Tabela 13

O projeto I é de uma escola em dois pavimentos, com uma área total construída de 4004,33m², assentada sobre um terreno de 4749,04m², a ser construída em alvenaria de blocos de concreto, lajes pré moldadas e estrutura em concreto armado.

Seus projetistas foram identificados com “Arq 05”, e “Est 06”.

O Projeto I apresentou, como falhas de compatibilidade, diferenças nas alturas de lajes e vigas, o que acarretou, como consequência, a alteração nas cotas e alturas do gabarito geral da obra. Não foram consideradas as juntas de dilatação, alterando levemente o espaço de circulação, desconsiderado na planilha.

Projeto	Projetistas	Arq 05
"I"		Est 06
Área construída (m²)	4004,33	
pavimentos	2	

item	Incompatibilidade	Ocorrência	Danos causados pela incompatibilidade
1	Altura de laje	1	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de laje, altera a altura útil interna ou a altura total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
2	Altura de vigas	1	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de viga, altera as dimensões úteis internas ou a dimensão total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
3	Espessura dos elementos de vedação	0	Projetos, com falhas no dimensionamento de elementos de vedação, geram redução no espaço interno
4	Diferença de cotas	1	Causados por falhas de revisão de projetos de ambas as partes, geram incompatibilidades construtivas
5	Elementos estruturais não previstos no projeto de arquitetura	0	Causados por falhas de concepção e revisão de projetos, geram alterações no espaço interno
6	Juntas de dilatação não previstas	1	A ausência de referências quanto à intenção dos projetistas envolvidos, provocam divergências nas soluções técnicas adotadas.
7	Elementos estruturais reduzindo vãos de esquadrias	0	Ocorrem pela falta de domínio das técnicas construtivas por parte do arquiteto e/ou não informação do arquiteto quanto às suas intenções.
8	Elementos estruturais interrompendo ou sobrepondo esquadrias	0	Causados por falta de previsão dimensional
9	Elementos estruturais reduzindo espaço de circulação	0	Causados por falta de previsão dimensional

0	Inexistência de ocorrência
1	Ocorrência

Tabela 13. Verificação de Incompatibilidade de Projeto Arquitetônico x Estrutural “I”
Elaborada pelos Autores.

3.2.10. Coleta de Dados – Projeto J – Tabela14

O projeto J é de uma escola em dois pavimentos, com uma área total construída de 3186,66m², assentada em uma área de 8.661,28m², a ser construída em alvenaria de blocos de concreto, lajes pré moldadas e estrutura em concreto armado.

Seus projetistas foram identificados com “Arq 05”, o mesmo do Projeto “I”, e “Est 07”, o mesmo do Projeto “F”.

O Projeto J apresentou, como falhas de compatibilidade, diferenças nas alturas de lajes e vigas, acarretando, como consequência direta, a alteração nas cotas internas de pé direito, alterando sua altura útil e as alturas do gabarito geral da obra. Não foram consideradas as juntas de dilatação. Estas incompatibilidades não afetaram o projeto de esquadrias.

Projeto		Projetistas	Arq 05
"J"			Est 07
Área construída (m²)		3186,66	
pavimentos		2	
item	Incompatibilidade	Ocorrência	Danos causados pela incompatibilidade
1	Altura de laje	1	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de laje, altera a altura útil interna ou a altura total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
2	Altura de vigas	1	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de viga, altera as dimensões úteis internas ou a dimensão total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
3	Espessura dos elementos de vedação	0	Projetos, com falhas no dimensionamento de elementos de vedação, geram redução no espaço interno
4	Diferença de cotas	1	Causados por falhas de revisão de projetos de ambas as partes, geram incompatibilidades construtivas
5	Elementos estruturais não previstos no projeto de arquitetura	0	Causados por falhas de concepção e revisão de projetos, geram alterações no espaço interno
6	Juntas de dilatação não previstas	1	A ausência de referências quanto à intenção dos projetistas envolvidos, provocam divergências nas soluções técnicas adotadas.

7	Elementos estruturais reduzindo vãos de esquadrias	0	Ocorrem pela falta de domínio das técnicas construtivas por parte do arquiteto e/ou não informação do arquiteto quanto às suas intenções.
8	Elementos estruturais interrompendo ou sobrepondo esquadrias	0	Causados por falta de previsão dimensional
9	Elementos estruturais reduzindo espaço de circulação	0	Causados por falta de previsão dimensional

0	Inexistência de ocorrência
1	Ocorrência

Tabela 14. Verificação de Incompatibilidade de Projeto Arquitetônico x Estrutural "J"
Elaborada pelos Autores.

3.2.11. Coleta de Dados – Projeto K – Tabela 15

O projeto K é de uma escola em dois pavimentos, com uma área total construída de 2741,76m². em uma área de 3134,19m², a ser construída em alvenaria de blocos cerâmicos, lajes maciças e estrutura em concreto armado.

Seus projetistas foram identificados com "Arq 06" e "Est 07".

O Projeto K apresentou, como falhas de compatibilidade, diferenças nas alturas de lajes e espessuras dos revestimentos, tendo, como consequência, a alteração nas cotas, tanto internas como externas da obra; Elementos estruturais subdimensionados provocaram a alteração na modulação das esquadrias e alteração no espaço de circulação, do projeto arquitetônico.

Projeto		Projetistas	Arq 06
"K"			Est 07
Área construída (m²)		2741,76	
pavimentos		3	
item	Incompatibilidade	Ocorrência	Dano causado pela incompatibilidade

1	Altura de laje	1	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de laje, altera a altura útil interna ou a altura total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
2	Altura de vigas	0	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de viga, altera as dimensões úteis internas ou a dimensão total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
3	Espessura dos elementos de vedação	1	Projetos, com falhas no dimensionamento de elementos de vedação, geram redução no espaço interno
4	Diferença de cotas	0	Causados por falhas de revisão de projetos de ambas as partes, geram incompatibilidades construtivas
5	Elementos estruturais não previstos no projeto de arquitetura	0	Causados por falhas de concepção e revisão de projetos, geram alterações no espaço interno
6	Juntas de dilatação não previstas	0	A ausência de referências quanto à intenção dos projetistas envolvidos, provocam divergências nas soluções técnicas adotadas.
7	Elementos estruturais reduzindo vãos de esquadrias	1	Ocorrem pela falta de domínio das técnicas construtivas por parte do arquiteto e/ou não informação do arquiteto quanto às suas intenções.
8	Elementos estruturais interrompendo ou sobrepondo esquadrias	0	Causados por falta de previsão dimensional
9	Elementos estruturais reduzindo espaço de circulação	1	Causados por falta de previsão dimensional

0	Inexistência de ocorrência
1	Ocorrência

Tabela 15. Verificação de Incompatibilidade de Projeto Arquitetônico x Estrutural “K”
Elaborada pelos Autores.

3.2.12. Coleta de Dados – Projeto L – Tabela 16

O projeto L é de uma escola em dois pavimentos, com uma área total construída de 1829,50m², a ser construída em alvenaria de blocos de concreto, lajes pré-moldadas e estrutura em concreto armado.

Seus projetistas foram identificados com “Arq 06”, o mesmo do Projeto “A”, e “Est 07”, os mesmos do Projeto “K”.

O Projeto L apresentou, como falhas de compatibilidade, diferenças nas alturas de lajes e vigas, o que acarretará, como consequência direta, a alteração nas cotas e alturas do gabarito geral da obra. Em alguns pontos, ocorreu a presença de elementos estruturais não previstos no projeto de arquitetura, alterando a modulação e quantidades dos blocos de vedação, além de afetar diretamente a modulação das esquadrias, contínuas, do projeto arquitetônico.

Ocorreram alterações no espaço de circulação.

Projeto		Projetistas	Arq 06
"L "			Est 07
Área construída (m²)		3760,78	
pavimentos		3	
item	Incompatibilidade	Ocorrência	Dano causado por incompatibilidade
1	Altura de laje	1	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de laje, altera a altura útil interna ou a altura total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
2	Altura de vigas	1	Projeto arquitetônico, sem previsão da altura adequada de viga, altera as dimensões úteis internas ou a dimensão total da edificação, causando erros funcionais ou construtivos
3	Espessura dos elementos de vedação	1	Projetos, com falhas no dimensionamento de elementos de vedação, geram redução no espaço interno
4	Diferença de cotas	1	Causados por falhas de revisão de projetos de ambas as partes, geram incompatibilidades construtivas
5	Elementos estruturais não previstos no projeto de arquitetura	1	Causados por falhas de concepção e revisão de projetos, geram alterações no espaço interno

6	Juntas de dilatação não previstas	0	A ausência de referências quanto à intenção dos projetistas envolvidos, provocam divergências nas soluções técnicas adotadas.
7	Elementos estruturais reduzindo vãos de esquadrias	1	Ocorrem pela falta de domínio das técnicas construtivas por parte do arquiteto e/ou não informação do arquiteto quanto às suas intenções.
8	Elementos estruturais interrompendo ou sobrepondo esquadrias	0	Causados por falta de previsão dimensional
9	Elementos estruturais reduzindo espaço de circulação	1	Causados por falta de previsão dimensional

0	Inexistência de ocorrência
1	Ocorrência

Tabela 16. Verificação de Incompatibilidade de Projeto Arquitetônico x Estrutural “L”
Elaborada pelos Autores.

Assim, temos as ocorrências verificadas e resumidas na Tabela 17, a seguir:

COMPILAÇÃO GERAL DE INCOMPATIBILIDADES VERIFICADAS														
Incompatibilidades analisadas		Projeto A	Projeto B	Projeto C	Projeto D	Projeto E	Projeto F	Projeto G	Projeto H	Projeto I	Projeto J	Projeto K	Projeto L	% ocorrência
1	Altura de laje	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	12
2	Altura de vigas	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	16
3	Espessura dos elementos de vedação	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	6
4	Diferença de cotas	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	20

5	Elementos estruturais não previstos no projeto de arquitetura	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
6	Juntas de dilatação não previstas	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	12
7	Elementos estruturais reduzindo vãos de esquadrias	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	10
8	Elementos estruturais interrompendo ou sobrepondo esquadrias	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6
9	Elementos estruturais reduzindo espaço de circulação	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	12

Tabela 17 – Compilação geral de Incompatibilidades verificadas
Elaborada pelos Autores

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Este capítulo apresenta a análise de resultados das planilhas de compatibilização que, após a coleta de dados, efetuada dos doze projetos adotados para verificação de compatibilidade, apresentam-se os resultados observados.

Após a análise das incompatibilidades entre os projetos e os danos que causaram ou podem causar à obra executada, na compilação geral, estabeleceu-se a porcentagem das ocorrências verificadas e a análise dos resultados obtidos.

4.1. QUALIDADE DE PROJETO

Considerando que os resultados obtidos não incluíram as falhas pontuais, limitando-se a análise apenas àquelas apontadas como as de maior frequência, somando os nove itens e suas implicações que foram adotadas na metodologia deste estudo, para identificar os danos possíveis decorrentes das incompatibilidades em projetos, observou-se, traduzido no gráfico a seguir, o alto índice de falhas obtidas pela dupla de projetistas responsáveis pelo Projeto “L”, que em nove falhas listadas, apresentam sete, correspondendo a cerca de 67% de anotações, contra 22%, apresentado no Projeto “G”.

PROJETO	falhas /PROJETO	%
A	4	44%
B	5	56%
C	4	44%
D	4	44%
E	4	44%
F	6	67%
G	2	22%
H	3	33%
I	4	44%
J	4	44%
K	3	33%
L	6	67%

Tabela 18 – Percentual de falhas por projeto
Elaborada pelos Autores

Por outro lado, é de se salientar que os projetistas, que trabalharam no Projeto “L”, são os mesmos que executaram o Projeto “K”, que apresentou pouco mais da metade de falhas de compatibilização, levando a crer que estas falhas ocorreram por prazos reduzidos para execução dos projetos.

Embora as falhas consideradas e apontadas, no total de amostras, sejam falhas que não envolvem necessariamente riscos ao usuário, a média de falhas, obtidas no levantamento apresentado, conforme gráfico a seguir, pode ser considerado um índice bastante alto sob o ponto de vista técnico e econômico da obra.

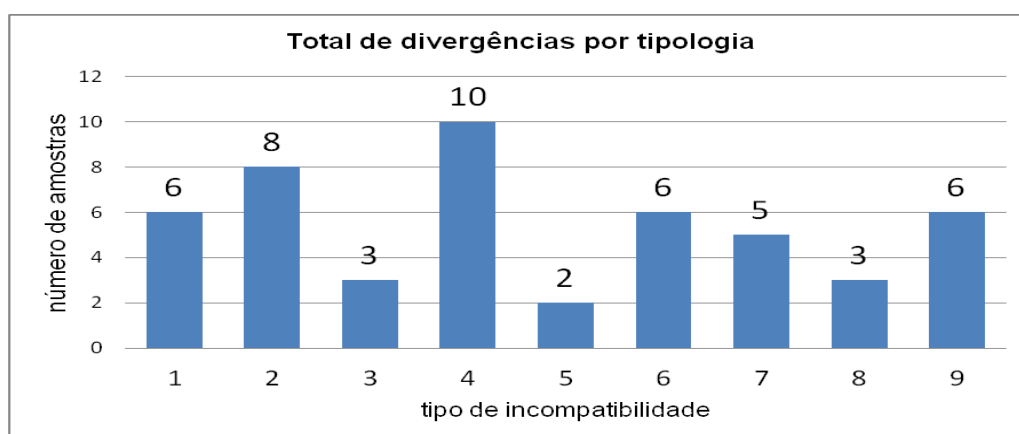


Figura 16. Frequência Total por Divergência – Vide Tabela 17.

4.2. FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIAS

Na análise dos projetos, pode-se observar que dos elementos adotados para verificação e a frequência de falhas apresentadas, todas envolvem falhas inicialmente definidas no pré-dimensionamento por parte do profissional de arquitetura.

Pode-se ponderar que o papel do arquiteto não passa pelo dimensionamento estrutural, embora faça parte de suas atribuições legais e façam parte do escopo de serviços definidos pelo IAB – Instituto dos Arquitetos do Brasil. No entanto, observou-se que o simples fato do inter-relacionamento, entre os projetistas de arquitetura e estrutura, e a compatibilização dos projetos, poderiam seguramente sanar a totalidade das falhas apresentadas, fato observado, por exemplo, na dupla de projetistas do Projeto “K” e Projeto “L”.

A seguir, a representação gráfica da frequência de falhas apontadas, dando o caminho para novas reflexões sobre o tema:

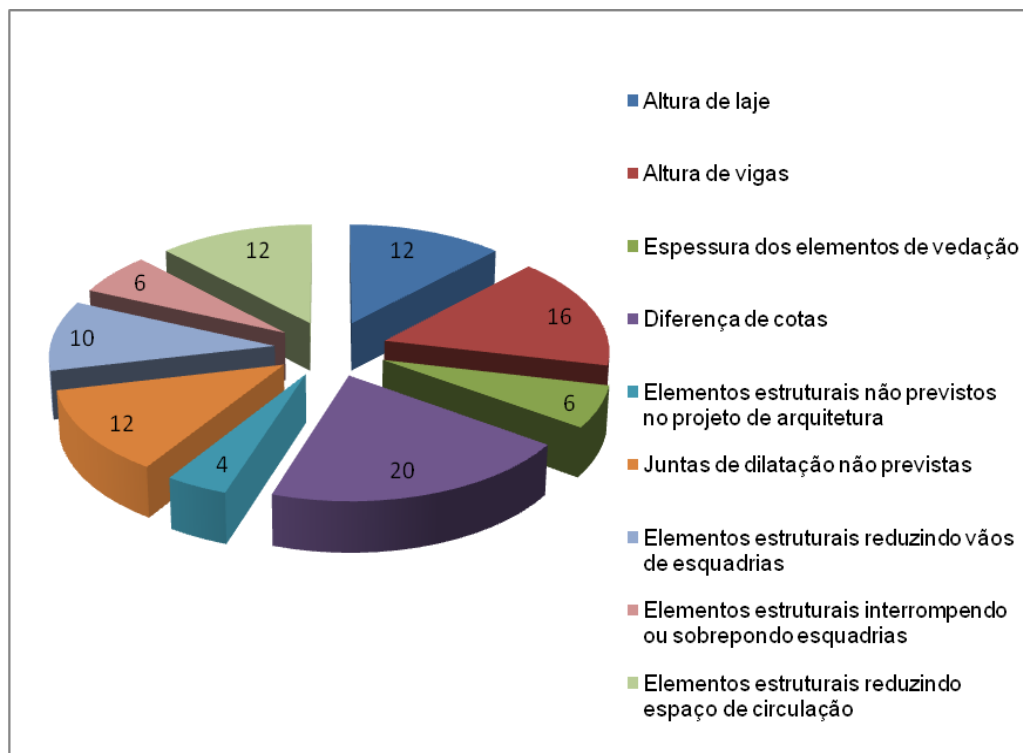


Figura 17. Frequência de Ocorrências por Tipologia %.

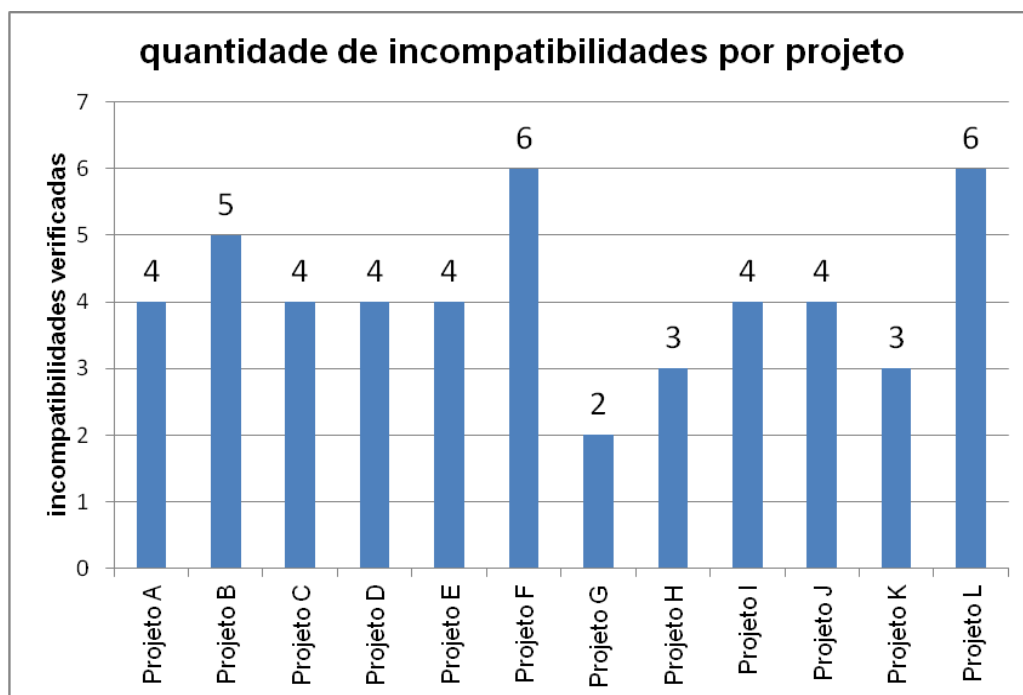


Figura 18. Frequência de ocorrências por projeto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo serão apresentadas as considerações finais sobre o trabalho realizado.

Observa-se que, nos processos licitatórios das unidades escolares, os projetos executivos e complementares ficam a cargo dos vencedores da licitação, o que é determinado pela Lei 8.666/93, mas, como a execução deve cumprir os prazos fixados, em geral, é iniciada antes que os projetos executivos estejam prontos, comprometendo, assim, a qualidade da obra. A falta de compatibilidade entre os projetos pode ter nessa prática um dos fatores primordiais para ocorrer, uma vez que os projetos tramitam concomitantemente à execução da obra.

A Lei de Licitações e Contratos Administrativos, Lei nº 8666/93, de acordo com art. 9º, veda a participação do autor dos projetos no processo licitatório da obra, porém não impede, conforme está em seu inciso § 2º, que a licitação inclua os projetos executivos e complementares, como parte do escopo. Portanto, neste aspecto, a Lei induz o administrador a tentar simplificar o trâmite e causar danos indiretos na coordenação dos projetos, ou contribuindo para a sua inexistência.

Após a coleta de dados dos elementos amostrais e análise da frequência com que as divergências causadoras de incompatibilidades se repetem entre projetos, podemos considerar que resultados demonstram, claramente, a existência de uma frequência considerável de incompatibilidades nas amostras, conforme gráficos apresentados (figuras 15,16 e 17), que podem não refletir o todo, porém, servem de alerta para que cuidados se tomem para antecipar a detecção de falhas, anomalias e possíveis manifestações patológicas, em todo processo construtivo, e corrigi-las tempestivamente.

A frequência de ocorrências ficou situada entre 4 a 20%, sendo que o item “diferenças de cotas”, foi o de maior percentual (20%), e o menor, respectivamente, foi o item “elementos estruturais, não previstos no projeto de arquitetura”.

Dentre outros fatores, pode-se perceber que muitos projetos apresentam deficiências conceituais ou ausência de detalhamentos, o que abre a probabilidade de erro de interpretação quanto aos objetivos pretendidos pelos projetistas.

Pode-se constatar, pelas amostras analisadas, que houve a ausência ou falha da coordenação de projetos, para gerenciar a compatibilização dos projetos de arquitetura e de estrutura em concreto armado. A atividade de compatibilização e gerenciamento mostra-se fundamental para o adequado desenvolvimento do

processo de produção dos projetos, o que viria a minimizar retrabalhos e manifestações patológicas no pós-obra.

Quando Paulo Helene cita que cerca de 40% das falhas e anomalias, encontradas no pós-obra, têm origem em falhas provenientes do Planejamento e Projetos (Grunau 1981 apud HELENE, 1992, p.22 - MAWAKDYE (1993), conforme citado no início dos trabalhos, e se considerarmos que já se passaram trinta anos, resta uma dúvida, uma vez que neste percurso de tempo, muito se alterou no processo de desenvolvimento de projetos, principalmente no desenvolvimento de tecnologias CAD (Computer-Aided Design) e BIM (Building Information Modeling), entre outras e paralelamente, procedimentos gerenciais, que vindos da área industrial, decorrentes da transformação da construção civil na forma de produção artesanal, para a produção industrial, alterando as formas de desenvolvimento do setor.

Há aqui um aspecto a ser destacado e que carece de ser submetido a validação no novo contexto tecnológico e econômico da contemporaneidade: os fatores da causalidade, indicado por Paulo Helene há anos, que permitem quantificar e relacionar, através da aplicação de uma grelha de checagens de itens e a obtenção de percentuais, a relação entre planejamento e projeto e as falhas e anomalias, fica assim apontados para novos estudos.

Por outro lado, considerando que os fenômenos ocorrem de forma sistêmica e considerando o universo, propositalmente reduzido da análise aqui feita, este estudo, para validar os resultados, que vislumbrou na amostragem, exige um aprofundamento e alargamento do universo de pesquisa para testar se há uma proporcionalidade direta entre a quantidade de projetos e a frequência de anomalias decorrentes das falhas e incompatibilidades de projetos, incluindo, nessa ampliação da análise, outras variáveis, como por exemplo, as características construtivas de outras regiões do País e diversidade de materiais aí utilizados.

Assim, este estudo abre o tema, para ser verificado e ampliado, por outros trabalhos complementares e assim averiguar a relação entre falhas e anomalias que decorrem das discrepâncias e incompatibilidades dos projetos e sua execução.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDIS, B. **Edificações: 3.000 Anos de Projeto, Engenharia e Construção.** /Local?/: Bookman: 2009..

ALMEIDA, R. de. **Manifestações Patológicas em Prédio Escolar.** Dissertação de Mestrado em /Engenharia Civil?/, Prof. Orientador Fulano, /Titulação/. Universidade de Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2008.

AsBEA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA. **Manual de Contratação dos Serviços de Arquitetura e Urbanismo.** São Paulo: Pini, 2000.

ASCE - AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. **Quality in the constructed project: a guideline for owners, designers and constructors.** New York, 1988. v.1.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 6118 (2007) – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro, Junho/ 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8953 (2009) – Concreto para fins estruturais – Por grupo de resistência e consistência.** Rio de Janeiro, 2010.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 12722 (1992) – Discriminação de serviços para construção de edifícios - Procedimentos.** Rio de Janeiro, Janeiro / 1993.

AUSTIN, S., BALDWIN, A., NEWTON, A. **Manipulating the flow of design information to improve the programming of building design.** Construction Management and Economics, UK, v.12, n.54, p.445-55, Sept. 1994

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Notas de Aula, Histórico e Principais Elementos Estruturais De Concreto Armado,** Bauru, UNESP, 2006. (wwwp.feb.unesp.br/pbastos)

CAMBIAGHI, Henrique e AMÁ, Roberto. **Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Arquitetura** – AsBEA

CHING, Francis. **Dicionário Visual de Arquitetura**. São Paulo, Martins Fontes, 1999.

CORNICK, T. **Quality management model for building projects; a developed research model in practice**. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. Quality for building users throughout the world. (s.l.), CIB, 1989, v.2, t.3, p.249-64.

CORONA, Eduardo; LEMOS, Carlos. **Dicionário de Arquitetura Lemos & Corona**. São Paulo, Edart, 1972.

DIÓGENES, Beatriz Helena Nogueira. **Arquitetura E Estrutura. O Uso Do Concreto Armado Em Fortaleza**. Secult, Fortaleza; 1ª edição, 2010.

FRANCO, J. PEREIRA, F.; REGGIARDO C. **Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Rehabilitar, 2003.

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

GARCIA MESEGUER, A. **Controle e garantia da qualidade na construção**. Trad. de Roberto José Falcão Bauer, Antonio Carmona Filho e Paulo Roberto do Lago Helene. São Paulo, Sinduscon-SP/Projeto/PW, 1991.

HAMMARLUND, Y., JOSEPHSON, P.E. **Qualidade; cada erro tem seu preço**. Trad. de Vera M. C. Fernandes Hachich. *Téchne*, n.1, p.32-4, nov./dez. 1992.

IAB – Instituto de Arquitetos do Brasil. **Roteiro para desenvolvimento do projeto de arquitetura da edificação** – Documento aprovado na 77ª Reunião do Conselho Superior de Arquitetos do Brasil – Salvador, 2007

KAEFER, Luis Fernando. **A Evolução do Concreto Armado**, 1998. Disponível em: <http://www.cimento.org> Acesso em novembro de 2012.

KAPHAN, Ana Carolina Sawaya & INOUE, Luciana Massami. **Indústria do cimento, normalização técnica e os impasses da moderna construção habitacional em São Paulo (1930-1964)** - texto ABCP e ABNT: Contribuição histórica à construção econômica - São Carlos, Rima/FAPESP, 2002.

Lei 8666/93 - Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências.

MELHADO, S.B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção.** São Paulo, 1994. 294p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994

MELHADO, S.B. **Coordenação de projetos na construção de edifícios.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998. 86p.

MOTTEU, H., CNUUDE, M. **La gestion de la qualité durant la construction; action menee em Belgique par tle comité "Qualité dans la construction".** In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11, Paris, 1989. Quality for building users throughout the world. (s.l.), CIB, 1989, v.1, t.3, p.265-76.

PARSEKIAN, G.A.; FURLAN JÚNIOR, S. **Compatibilização de projetos de alvenaria estrutural.** São Carlos, SP. 2003. 10p. Simpósio Brasileiro de gestão e economia da construção, 10. 2003, Anais, São Carlos, USP. Artigo técnico.

PINHEIRO, Libânio M., GIONGO, José Samuel. (1986). **Concreto Armado: Propriedades Dos Materiais.** São Carlos, EESC-USP, Publicação 005 / 86. 79p.

PMI. **Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos** (Guia PMBOK). 4. ed. Pensilvânia: Project Management Institute, 2009.

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. **Contribuição ao Ensino das Estruturas nas Escolas de Arquitetura.** Dissertação de Mestrado. São Paulo: FAU USP, 1993.

SCHMITT, C.M. **Projetos para obras de edificação: a difícil tarefa de compatibilizar os vários projetos específicos através da análise da sua representação gráfica.** Recife, PE. 1999. 8p., In: Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho, 1, Anais, Recife, UFP, 1999. Artigo técnico.

SOUZA, R. et al. **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras.** São Paulo: Pini, 1995. 247p.

STUKHART, G. **Construction management responsibilities during desing.** Journal of Construction Engineering and Management. ASCE. v.113, n.1, Texas University, março,1987.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifícios – causas, prevenção, e recuperação–** Ed. Pini -1989.

VANNI, Cláudia Maria Kattah - **Análise de Falhas Aplicada à Compatibilidade de Projetos na Construção de Edifícios –**Dissertação de Mestrado UFMG – 1999.

VASCONCELOS, Augusto Carlos de. **O Concreto no Brasil - Recordes, Realizações, História** - Vol. 1, 2.ed., São Paulo, Pini, 1992.