



UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM EDÍFÍCIOS DE
MÚLTIPLOS ANDARES-ESTUDO DE CASO**

FRANCISCO JESUS DE SOUSA

Recife
2010

FRANCISCO JESUS DE SOUSA

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM EDÍFÍCIOS DE MÚLTIPLOS
ANDARES-ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada à Universidade Católica de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.
Área de Concentração: Tecnologia das Construções.
Orientador: Prof. Dr. Antonio Oscar Cavalcanti da Fonte.

Recife
2010

S725c Sousa, Francisco Jesus de
Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares: estudo de caso / Francisco Jesus de Sousa ; orientador Antonio Oscar Cavalcanti da Fonte, 2010.
103, [10] f.: il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Pernambuco. Pró-Reitoria de Ensino, Pesquisa e Extensão. Mestrado em Engenharia Civil, 2010.

1. Construção Civil. 2. Engenharia Civil – Projetos. 3. Tecnologia da informação. 4. Sistema AutoCAD. I. Título.

CDU 624

FRANCISCO JESUS DE SOUSA

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM EDÍFÍCIOS DE MÚLTIPLOS
ANDARES-ESTUDO DE CASO**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil, na Área de Concentração em Engenharia das Construções.

Avaliadores:

Prof. Dr. Antonio Oscar Cavalcanti da Fonte
(Orientador - UNICAP)

Prof. Dr. Alexandre Duarte Gusmão
(Examinador externo - UPE)

Prof. Dr. Béda Barkokébas Junior
(Examinador interno - UNICAP)

Prof. Dr. José Orlando Vieira Filho
(Examinador interno - UNICAP)

Data: 23 de Abril de 2010

Recife

2010

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho
à minha esposa Auzenira pelo apoio, atenção e
amor durante os anos de estudo. Aos filhos
amados, Thales e Thayla

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu saúde, disposição e sabedoria para realização deste trabalho.

Ao meu professor, orientador Prof. Dr. Antonio Oscar Cavalcanti da Fonte, que apesar da distância, demonstrou atenção, dedicação e muita competência, fazendo com que fosse possível a concretização deste trabalho.

Aos membros da banca da defesa prévia, Prof. Dr. Alexandre Duarte Gusmão, Prof. Dr. Béda Barkokébas Junior e Prof. Dr. José Orlando Vieira Filho, pela leitura atenciosa desta dissertação e pelas importantes críticas e sugestões.

A minha amada esposa, Auzenira, cuja dedicação, apoio e amor foram decisivos para que este trabalho chegasse ao final.

Aos colegas do IFET-SERTÃO/PE pelo apoio e compreensão quando precisei me ausentar.

RESUMO

SOUSA, F. J. (2010). *Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares*
Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Recife-PE

Os elevados índices de desperdícios na construção civil no Brasil reduzem significativamente as margens de lucro dos empreendedores. O superdimensionamento dos sistemas, paradas e retrabalhos por interferências entre projetos, informações faltando ou incorretas, empregos de materiais não padronizados e maior uso de mão-de-obra pela falta de construtibilidade são fatores ligados ao custo do desperdício originado pela falta de racionalização e coordenação do projeto. Neste contexto, o projeto apresenta-se como instrumento fundamental, devido à grande necessidade no setor da construção civil de aperfeiçoar a elaboração de projetos para otimizar e agregar valor ao empreendimento. Esta pesquisa tem como principal objetivo estudar e diagnosticar o processo de desenvolvimento e compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares no pólo Petrolina-PE e Juazeiro-BA. O autor lança mão do uso da pesquisa qualitativa através da pesquisa de campo e a análise das incompatibilidades de projeto através de estudo de caso. A pesquisa qualitativa visa identificar os procedimentos empregados no desenvolvimento de projetos, a conformidade da representação gráfica, compatibilização de projetos, tecnologias CAD e tecnologia da informação. As análises do estudo de caso são realizadas através dos projetos arquitetônicos e complementares, visando à conformidade, padronização e compatibilidade dos elementos construtivos em edifícios de múltiplos andares. As conclusões apresentadas neste trabalho mostram um diagnóstico sobre o processo de desenvolvimento e compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares, promovendo uma reflexão sobre uma série de questões relevantes com ênfase na diminuição do desperdício na construção civil e uma avaliação que possibilitou a revelação de empecilhos endógenos e exógenos no processo de compatibilização de projeto.

PALAVRAS-CHAVES: gestão de projeto, compatibilização, tecnologia da informação, CAD.

ABSTRACT

SOUSA, F. J. (2010). *Compatibility of projects in multiple floors buildings*
Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Recife-PE

The high levels of waste in the construction industry in Brazil reduce significantly the profit margins of entrepreneurs. The overestimation of the systems, stops and rework due to interferences between projects, missing or incorrect information, employment of non-standard materials and greater use of skilled manpower for the lack of constructability are factors related to the cost of waste caused by a lack of rationalization and project coordination. In this context, the project presents itself as essential, due to the great need in the construction industry to improve project design to optimize and add values to the enterprise. This research has as main objective to study and diagnose the process of development and compatibility of project in multi-floors building in the Petrolina-PE e Juazeiro-BA. The author uses the qualitative research through field research and analysis of incompatibility in the project through a case study. The qualitative research aims to identify the procedures employed in the development of projects accordance to the graphical representation, alignment of projects, CAD technologies and information technology. The analysis of case studies are performed through the architectural and complementary projects, aiming accordance, standardization and compatibility of building elements in buildings with multiples floors. The findings presented in this paper show a diagnosis of process of development and compatibility of projects in buildings with multiple floors. Promoting reflection on a number of relevant issues with an emphasis on reducing waste in construction and evaluation that led to the disclosure of endogenous and exogenous obstacles in the process of compatibility project.

KEYWORDS: Project management, compatibility, information technology, CAD

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1.1- Processo de projeto	19
Figura 2.1.2- Avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício.....	20
Figura 2.1.3- Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases	21
Figura 2.1.4- Possibilidade de maior investimento na fase de projeto x prática corrente	22
Figura 2.1.5- Origens de problemas patológicos das construções.....	23
Figura 2.1.6- Indicação genérica dos possíveis momentos de incidências e origem das manifestações de perdas	24
Figura 2.2.1- Aspecto da compatibilização de projetos.....	27
Figura 2.2.2- Visão do sistema de integração projeto e construção	31
Figura 2.2.3- Modelo tridimensional para a decisão de construtibilidade.....	32
Figura 2.4.1- Estágios de evolução dos sistemas CAD	43
Figura 3.2.1- Processo de pesquisa via formulário web	48
Figura 3.2.2- Respostas em relação às áreas de atuação das empresas de projetos/projetistas	49
Figura 3.2.3- Profissionais envolvidos diretamente no desenvolvimento de projeto.....	50
Figura 3.2.4- Troca de informações entre projetistas	51
Figura 3.2.5- Formatos usuais na troca de informações	51
Figura 3.2.6- Afirmação quanto ao uso de portal colaborativo.....	52
Figura 3.2.7- Afirmação quanto à consulta de normas técnicas no sistema CAD	53
Figura 3.2.8- Uso da norma de representação gráfica de projetos no sistema CAD	53
Figura 3.2.9- Uso de softwares no desenvolvimento de projetos.....	54
Figura 3.2.10- Sistema usado no desenvolvimento de projeto.....	54
Figura 3.2.11- Arranjo usual no desenvolvimento de projeto	55
Figura 3.2.12- Experiência dos profissionais sobre compatibilização de projeto	56
Figura 3.2.13- Etapa do projeto em que é realizada a compatibilização de projetos	56
Figura 3.2.14- Afirmação quanto ao responsável pela compatibilização de projeto.....	57
Figura 3.2.15- Afirmação sobre o conhecimento de problemas nas obras por não ter sido feita a compatibilização de projeto.....	58
Figura 3.2.16- Conhecimento sobre dados e o percentual de desperdício em conseqüências da falta de compatibilização de projeto	58

Figura 3.2.17- Empecilhos para a compatibilização de projetos.....	59
Figura 3.3.1- Elevação - Fachada Frontal e Fachada Lateral Esquerda.....	60
Figura 3.3.2- Pilar invadindo a escada e saliência da viga entre P1 e P2 (Pav. Ground)	66
Figura 3.3.3- Falta de dimensionamento do shaft na laje no pavimento play ground.....	66
Figura 3.3.4- Pilar invadindo a escada e saliência da viga entre P1 e P2 (Pavimento Tipo) ..	68
Figura 3.3.5- Incompatibilidade entre shaft da arquitetura e shaft da estrutura.....	69
Figura 3.3.6- Divergência entre shaft da arquitetura e local dos tubos de queda e ventilação	71
Figura 3.3.7 – Posicionamento de tomadas em locais que não existe parede	73
Figura 3.3.8- Posicionamento de interruptores atrás da folha de abertura da porta	74
Figura 3.3.9- Caixa sifonada em conflito com as nervuras da laje.....	77
Figura 3.3.10- Shaft posicionado em local não previsto pelo projeto de estrutura	77
Figura 3.3.11- Caixa sifonada e Coluna de ventilação em conflito com as nervuras da laje.	79
Figura 3.3.12- Conflito do tubo de esgoto com a viga de balanço da varanda	80
Figura 3.3.13- Tomadas e pontos de luz em conflito com tubos de queda esgoto/ventilação	84
Figura 3.3.14- Falha no posicionamento dos tubos de queda (A=Antes, B=Depois)	86
Figura 3.3.15- Furo na laje destinado ao shaft	86
Figura 3.3.16- Saliência das vigas em relação às paredes.....	87
Figura 3.3.17- Conflito entre a estrutura de concreto e as instalações hidrossanitárias	88
Figura 3.3.18- Tubos dos arcondicionados split descendo junto ao pilar	89
Figura 3.3.19- Conflito geométrico entre as diversas instalações	89
Figura 3.3.20- Mudança nas instalações elétricas	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.4.1- Provedores de extranets de projeto	41
Quadro 3.3.1- Caracterizações dos projetos quanto ao desenvolvimento e tecnologias da informação	61
Quadro 3.3.2- Conformidade dos projetos-Escalas e Layers	62
Quadro 3.3.3- Conformidade dos projetos - Cores e espessuras das linhas	63
Quadro 3.3.4- Análise de incompatibilidade - Arquitetura x Estrutura - Pavimento play ground.....	64
Quadro 3.3.5- Análise de incompatibilidade - Arquitetura x Estrutura - Pavimento tipo	67
Quadro 3.3.6- Análise de incompatibilidade - Arquitetura x Hidrossanitário - Pavimento play ground.....	70
Quadro 3.3.7- Análise de incompatibilidade - Arquitetura x Hidrossanitário - Pavimento tipo.....	71
Quadro 3.3.8- Análise de Incompatibilidade - Arquitetura x Hidrossanitário - Pavimento play ground.....	72
Quadro 3.3.9- Análise de Incompatibilidade - Arquitetura x Elétrico - Pavimento tipo.....	74
Quadro 3.3.10- Análise de Incompatibilidade - Estrutura x Hidrossanitário - Pavimento play ground.....	75
Quadro 3.3.11- Análise de incompatibilidade- Estrutura x Hidrossanitário -Pavimento tipo..	78
Quadro 3.3.12- Análise de incompatibilidade - Estrutura x Elétrico - Pavimento play ground.....	81
Quadro 3.3.13- Análise de incompatibilidade - Estrutura x Elétrico - Pavimento tipo.....	81
Quadro 3.3.14- Análise de incompatibilidade – Hidrossanitário x Elétrico - Pavimento play ground.....	83
Quadro 3.3.15- Análise de incompatibilidade – Hidrossanitário x Elétrico - Pavimento tipo	84

LISTAS DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AsBEA - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura

ASP - Application Service Provider

BIM - Building Information Modeling

BPRG - Building Performance Research Grup

CAD - Computer Aided Design

CII - Construction Industry Institute

CIRIA - Construction Industry Research and Information Association

FMEA - Análise dos Modos e Efeitos das Falhas

RCD - Resíduos de Construção e Demolição

SINDUSCON - Sindicato da Indústria da Construção Civil

TI - Tecnologia da Informação

SUMÁRIO
CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.2.1 Objetivo Geral.....	16
1.2.2 Objetivos Específicos.....	16
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	17

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 PROJETO.....	18
2.1.1 Conceito de Projeto.....	18
2.1.2 A importância do Projeto.....	20
2.2 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETO.....	25
2.2.1 Conceito de Compatibilização.....	25
2.2.2 Dimensões da Compatibilização.....	28
2.2.3 Compatibilização x Construtibilidade.....	29
2.3 QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	33
2.3.1 Racionalização.....	33
2.3.2 Lean Construction.....	35
2.4 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E SISTEMA CAD.....	36
2.4.1 Tecnologia da Informação.....	36
2.4.2 Extranets de Projeto.....	38
2.4.3 Sistema CAD.....	42
2.4.4 Tecnologia BIM.....	44

CAPÍTULO 3

PESQUISA E RESULTADOS	46
3.1 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	46
3.2 PESQUISA QUALITATIVA.....	47
3.2.1 Método de Coleta de Dados.....	47

3.2.2 Do Universo Pesquisado.....	49
3.2.3 Da Comunicação	50
3.2.4 Da Conformidade de Projetos.....	52
3.2.5 Do Desenvolvimento dos Projetos	54
3.2.6 Da Compatibilização de Projetos.....	55
3.3 ESTUDO DE CASO	60
3.3.1 Caracterização.....	60
3.3.2 Gestão e Tecnologia da Informação.....	61
3.3.3 Conformidade de Projeto.....	62
3.3.4 Análises dos Projetos.....	63
3.3.5 Compatibilização entre o Projeto de Arquitetura e o Projeto de Estrutura	64
3.3.5.1 <i>Análise do Pavimento Play Ground</i>	64
3.3.5.2 <i>Análise do Pavimento Tipo</i>	67
3.3.6 Compatibilização entre o Projeto de Arquitetura e o Projeto Hidrossanitário	69
3.3.6.1 <i>Análise do Pavimento Play Ground</i>	69
3.3.6.2 <i>Análise do Pavimento Tipo</i>	71
3.3.7 Compatibilização entre o Projeto de Arquitetura e Projeto Elétrico.....	72
3.3.7.1 <i>Análise do Pavimento Play Ground</i>	72
3.3.7.2 <i>Análise do Pavimento Tipo</i>	74
3.3.8 Compatibilização entre o Projeto de Estrutura e Projeto Hidrossanitário	75
3.3.8.1 <i>Análise do Pavimento Play Ground</i>	75
3.3.8.2 <i>Análise do Pavimento Tipo</i>	77
3.3.9 Compatibilização entre o Projeto de Estrutura e Projeto Elétrico	80
3.3.9.1 <i>Análise do Pavimento Play Ground</i>	80
3.3.9.2 <i>Análise do Pavimento Tipo</i>	81
3.3.10 Compatibilização entre o Projeto Hidrossanitário e Projeto Elétrico	82
3.3.10.1 <i>Análise do Pavimento Play Ground</i>	82
3.3.10.2 <i>Análise do Pavimento Tipo</i>	84
3.3.11 Problemas construtivos decorrentes das incompatibilidades de projetos.....	85
3.3.11.1 Falha resultante de incompatibilidade no posicionamento do shaft.....	85
3.3.11.2 Saliência das vigas em relação às paredes.....	87
3.3.11.3 Conflitos entre a estrutura de concreto e as instalações hidrossanitárias	87
3.3.11.4 Falha resultante de incompatibilidade das instalações de arcondicionados split.....	88

3.3.11.5 Retrabalho resultante de incompatibilidades nas instalações elétricas.....	90
---	----

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES E SUGESTÕES	91
-------------------------------------	-----------

4.1 CONCLUSÕES	91
----------------------	----

4.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	93
--	----

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
---------------------------------	----

APÊNDICES	100
-----------------	-----

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

A partir da década de 40 iniciou-se um processo acelerado de urbanização da população brasileira. A “virada” do Brasil rural para o Brasil urbano deu-se nos anos 60 e este êxodo rural foi impulsionado por vários fatores, entre eles a industrialização do Brasil, a estrutura fundiária, o poder atrativo das cidades no que se refere a empregos e serviços de saúde. Estes fatores trouxeram para as cidades a cada ano um número crescente de novos moradores e uma demanda crescente por moradias e por espaços urbanos. Em decorrência disso, nos meados dos anos 60, ocorreu uma forte demanda imobiliária, que provocou o aparecimento dos escritórios técnicos especializados em arquitetura, estrutura e instalações, mudando o processo de desenvolvimento de projetos. Os profissionais que trabalhavam anteriormente em conjunto dentro das empresas que projetavam e construíam, e naturalmente coordenavam o desenvolvimento dos seus trabalhos, passaram então, a trabalhar isoladamente (GRAZIANO, 2003). A falta de racionalização observada hoje, em grande número de obras, é resultado da separação entre o projeto e a execução, reflexo do desenvolvimento do setor nos últimos 30 anos (MIKALDO, 2006).

Esta falta de racionalização trouxe para a construção civil no Brasil a rotulação de um setor atrasado, quando comparado a outros setores da indústria, devido principalmente à baixa produtividade, que tem como origem os desperdícios de materiais, mão de obra desqualificada e baixo nível de industrialização, afetando diretamente o produto final (FONTENELLE, 2002). Segundo Agopyan (2001), os índices elevados de desperdícios marcam a construção civil no Brasil. Para ele o desperdício médio na fase de execução chega

a variar entre 5% e 8% o que reduz significativamente as margens de lucro dos empreendedores. Para Rodriguez (2005), o superdimensionamento dos sistemas, paradas e retrabalhos por interferências entre projetos, informações faltando ou incorretas, empregos de materiais não padronizados e maior uso de mão-de-obra pela falta de construtibilidade são fatores ligados ao custo do desperdício originado pela falta de racionalização e coordenação do projeto. Neste sentido, torna-se claro que o controle da qualidade é de vital importância para a indústria da construção civil, em especial atenção na compatibilização e desenvolvimento de projetos. A importância da criação de sistemas de garantia da qualidade, tanto em nível nacional quanto internacional é cada vez mais reconhecido. Estes sistemas têm de ter em conta as relações contratuais na indústria, de modo a funcionarem eficazmente. Por outro lado as normas e regulamentações também estão colocando uma maior ênfase em tais controles. As crescentes exigências do mercado têm exigido das empresas construtoras a constante busca de redução de prazos e custos e conseqüentemente uma mudança do seu perfil estratégico e operacional frente a essa conjuntura (VANNI,1999).

Para Souza et al (1995), no contexto atual, o projeto deve ser tratado como elemento fundamental na concepção de um empreendimento, devido a uma grande necessidade no setor da construção civil de aperfeiçoar a elaboração dos projetos de edificações, para interagir com a execução no sentido de otimizar e agregar valor ao empreendimento como produto final.

Para Newton (1998) apud Mikaldo (2006), outro aspecto importante é que no processo do projeto de edificações existe um grande número de informações na forma de documentos e uma possibilidade de maior eficiência neste setor pela utilização da Tecnologia de Informação (TI).

Estudos realizados no sub-setor da construção civil no Brasil, como de tecnologia e inovação na área do ambiente construído, apontam que o investimento em projetos tem o potencial de reduzir custos na produção e que o uso de tecnologias mais modernas, em

especial para o sistema CAD 3D, pode tornar o processo de desenvolvimento de projeto mais eficaz e eficiente e ao mesmo tempo há necessidade de remoção de obstáculos para o uso das tecnologias da informação em busca da melhoria do sub-setor da construção de edifícios (FORMOSO, 2002).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Estudar e diagnosticar o processo de desenvolvimento e compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares no pólo Petrolina-PE e Juazeiro-BA.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Analisar os procedimentos empregados no desenvolvimento dos projetos, com ênfase na conformidade da representação gráfica dos mesmos e compatibilização, com base em tecnologias CAD 2, CAD 3D e projeto Web (extranet), realizados no pólo Petrolina-PE e Juazeiro-BA.

2. Estudar edifício de múltiplos andares na cidade de Petrolina-PE (Estudo de Caso) para:

- Realizar estudo exploratório através da documentação gráfica e escrita relativa à conformidade da representação gráfica dos projetos;
- Analisar a compatibilização entre os projetos arquitetônicos e complementares;
- Analisar as incompatibilidades entre os projetos, através das interferências físicas e identificar as interferências que provocaram modificações, re-trabalho, desperdício de material e/ou diminuição da funcionalidade ocorrida durante a obra em edifícios de múltiplos andares.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em quatro capítulos, conforme descrição a seguir.

O primeiro capítulo é constituído pela introdução, contendo a justificativa e a importância do tema, o objetivo geral, os objetivos específicos e a estrutura da dissertação.

O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica e o referencial teórico da dissertação. Nesta etapa, são apresentados os principais aspectos referentes ao tema, fundamentados em conceitos sobre projetos, compatibilização de projetos, racionalização, *lean construction*, tecnologia da informação e sistema CAD.

O terceiro capítulo é constituído pela pesquisa e resultados, abordando as questões relativas aos métodos utilizados na pesquisa qualitativa e analítica. Primeiro, são apresentados o instrumento de coleta de dados realizados na pesquisa de campo, a caracterização numérica e qualitativa da população em questão, a análise e interpretação das informações e os resultados qualitativos e quantitativos. Segundo, é apresentado um estudo de caso com suas características, análise das inconformidades gráficas, análise das incompatibilidades dos projetos e seus problemas construtivos.

O quarto capítulo apresenta as conclusões como os principais resultados da pesquisa e propõe sugestões para futuras pesquisas.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PROJETO

2.1.1-Conceito de Projeto

O conceito de Projeto está relacionado a um conjunto de formas de análises e seus processos, variando em função de vários contextos e tipologia, como também podendo variar de acordo com os objetivos propostos.

De acordo com a norma brasileira NBR 5674:1999, o projeto é definido como uma descrição gráfica e escrita das propriedades de um serviço ou obra de engenharia ou arquitetura com seus atributos técnicos, econômicos, legais e financeiros.

A norma NBR 13.531:1995 descreve e padroniza o projeto relacionando cada subdivisão do processo de projeto de edificações, limitando-se apenas à descrição das atividades técnicas, com ênfase nas etapas do processo de projeto, a saber: levantamento, programa de necessidades, estudo de viabilidade, estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal, projeto básico e projeto executivo.

Para Dinsmore (1992), o projeto é um empreendimento com começo e fim bem definidos, dirigido por pessoas, para cumprir metas estabelecidas dentro de parâmetros de custo, tempo e qualidade.

Para Melhado (1994), o projeto é uma atividade ou serviço que faz parte do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas de uma determinada obra, que serão consideradas na fase de execução.

Segundo Valeriano (1998), o projeto é um conjunto de ações executadas de forma coordenada, onde são alocados recursos humanos, financeiros, materiais e serviços de gerenciamentos, compras e transportes para que em determinado prazo se alcance determinado objetivo. Ainda para Valeriano (1998), o projeto de engenharia é a elaboração e consolidação das informações destinadas à execução de uma determinada obra, fabricação de um produto, fornecimento de um serviço ou execução de um processo.

Na visão dos autores Lockhart e Johnson (2000) apud Ferreira (2007) o processo de projeto é formado pela interação entre a identificação do problema e idealização de uma ou

mais soluções seguida por um processo de decisão e seleção da solução de projeto. Após o primeiro processo de decisão e seleção da solução de projeto, segue-se para o processo iterativo de refinamento e análise que será seguido por um novo processo de decisão e seleção da solução de projeto. Tomadas as decisões finais passa-se ao detalhamento e documentação das soluções, conforme Figura 2.1.1. Este processo ao final acaba por possuir três vertentes, sendo elas: visualização da idéia, comunicação da idéia e documentação do projeto.

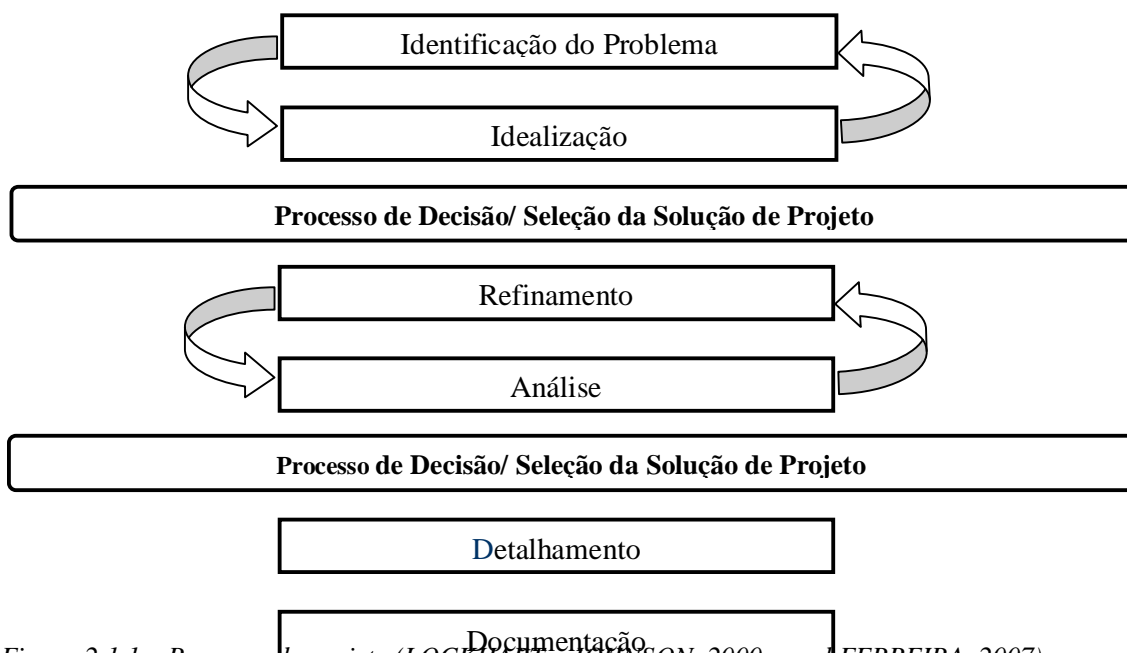


Figura 2.1.1 – Processo de projeto (LOCKHART e JOHNSON, 2000 apud FERREIRA, 2007)

Para Novaes (1998) o projeto conceitua-se em dois sentidos: o estático – quando se refere ao projeto como produto, constituído de elementos gráficos e descritivos, ordenados e elaborados a atender às necessidades da etapa de produção e o dinâmico - quando se refere ao projeto no sentido de processo, no qual as soluções são elaboradas e compatibilizadas incorporando um caráter tecnológico e gerencial.

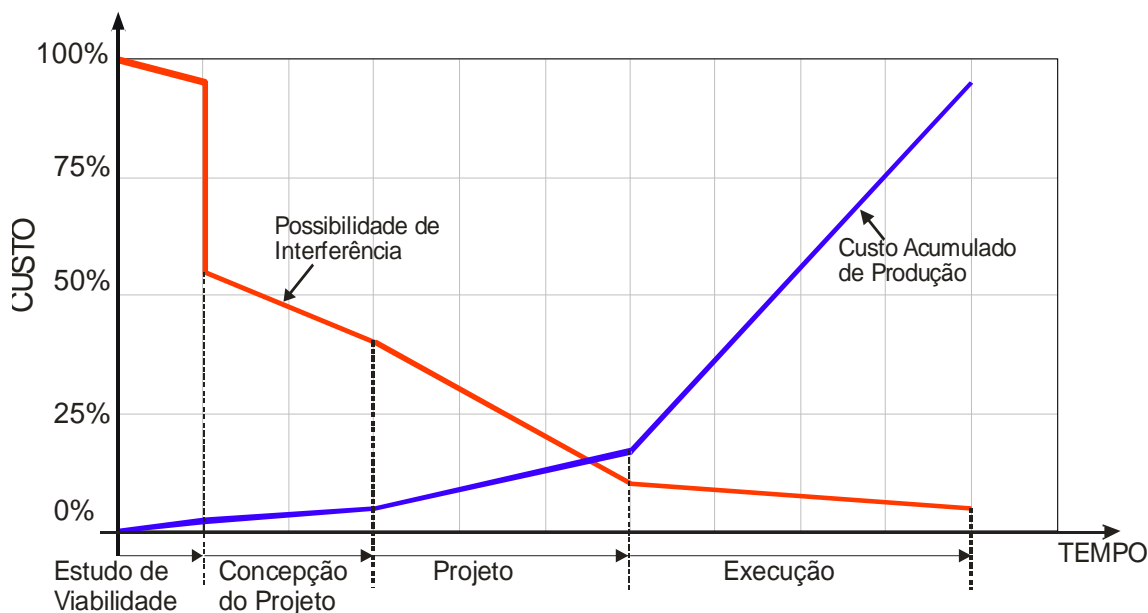
A norma NBR 5674:1999 apresenta uma visão mais restrita, com foco na representação gráfica. Também Lockhart e Johnson (2000) apresentam uma visão do processo de projeto que culmina com a representação gráfica do projeto.

Autores como Dinsmore (1992), Melhado (1994) e Valeriano (1998) trazem uma visão do processo de projeto sob a ótica do desenvolvimento do produto, desde a concepção, execução, utilização e manutenção deste produto.

A norma NBR 13531:1995 aborda o projeto com foco nas descrições das atividades e divisões de etapas com partes sucessivas, onde estão alocados o processo de desenvolvimento das atividades técnicas do projeto. Os itens da norma e a sua subdivisão apresentam uma visão mais restrita, com conceitos bastante genéricos, com lacunas e indefinições com relação a esses conceitos, apresentado o produto centrado na entrega destas etapas. (TZORTZOPOULOS 1999).

2.1.2 A importância do Projeto

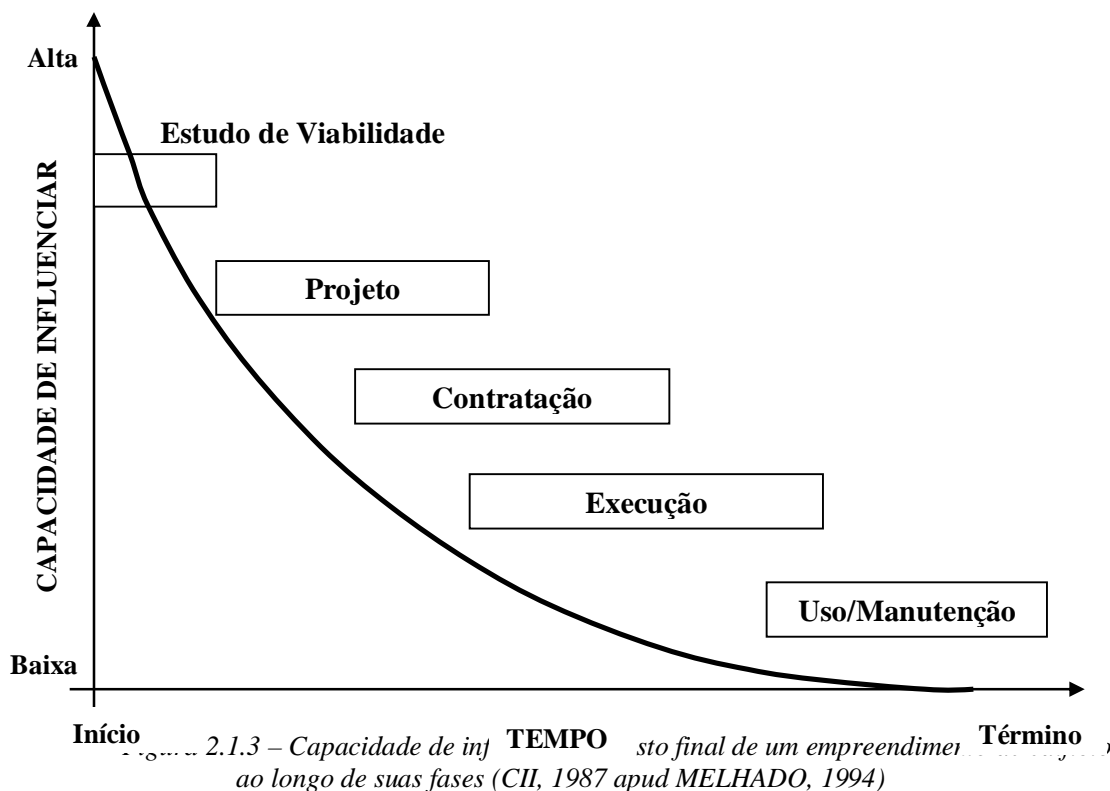
O projeto exerce considerável influência sobre os custos das edificações, principalmente devido à grande possibilidade de alternativas existentes nesta fase, e é justamente nesta fase onde poucas despesas foram realizadas (PICCHI 1993). Para Hammarlund e Josephson (1992) as decisões que influenciam na redução dos custos do empreendimento devem ser tomadas na fase inicial do mesmo, pois com evolução de suas etapas, a possibilidade de influenciar no custo final do empreendimento diminui consideravelmente, conforme mostrado na Figura 2.1.2.



2.1.2 - Avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício (HAMMARLUND e JOSEPHSON, 1992)

Melhado (1994) afirma que é fundamental o empreendedor valorizar a fase de projeto, para obtenção da qualidade no empreendimento. Estudos realizados pelo grupo *Construction Industry Institute* (CII, 1987) mostra a importância das fases iniciais do

empreendimento, onde as decisões tomadas são as que têm maior capacidade de influenciar o custo final do mesmo, de acordo com a Figura 2.1.3.



Para muitas empresas brasileiras, o projeto ainda é visto como um “custo a mais”, um “mal necessário” em função das exigências legais. Segundo Melhado (1994) isto se dá devido ao fato de no Brasil não existir a cultura que se tem nos países desenvolvidos, aonde o tempo de projeto muitas vezes chega a ser da mesma ordem de grandeza do tempo dedicado à obra, procurando-se, com isto, evitar as deficiências e os desperdícios comuns na fase de execução.

Para Barros e Melhado (1993) apud Melhado(1994) quanto maior o custo e tempo empregados nas fases da concepção e projeto, maior será o potencial de redução de custos e prazos que podem ser conseguidos no empreendimento, conforme ilustrado na Figura 2.1.4.

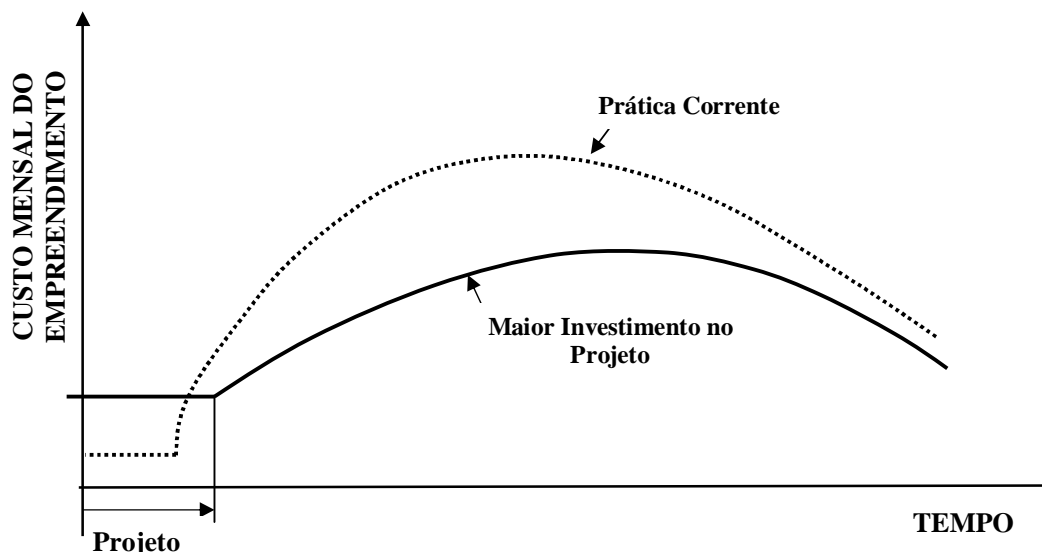


Figura 2.1.4 – Possibilidade de maior investimento na fase de projeto x prática corrente (BARROS e MELHADO, 1993 apud MELHADO, 1994)

Vários autores apontam para um consenso de considerar a fase inicial do empreendimento, como a mais importante, pois é nesta fase onde se concentram as oportunidades de reduzir a quantidade de falhas e conseqüentemente reduzir o custo do empreendimento. Em dados apresentados por Helene (1988), em estudos realizados em vários países da Europa, mostra que a maior parte dos problemas patológicos na Construção Civil tem sua origem no projeto, índice este que chega a variar entre de 36% a 49%. Estas falhas são decorrentes de falta de detalhamento, omissão ou equívocos de projetos relativos a materiais e as técnicas construtivas.

Segundo Motteu & Cnudde (1989) apud Melhado (1994), estudos que relacionam os erros de projeto e problemas patológicos apontam para a fase de concepção e projeto como o principal fator na origem de defeitos das construções, chegando a 46% do total das patologias das construções, ficando muito acima da segunda causa das patologias, que estabelece 22% dos problemas patológicos estão ligados à fase de execução (Figura 2.1.5).

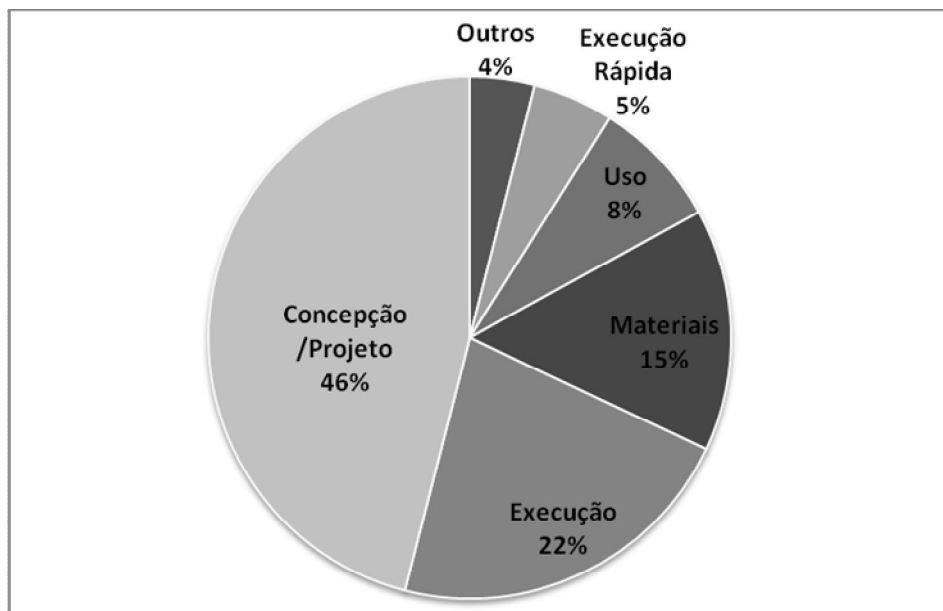
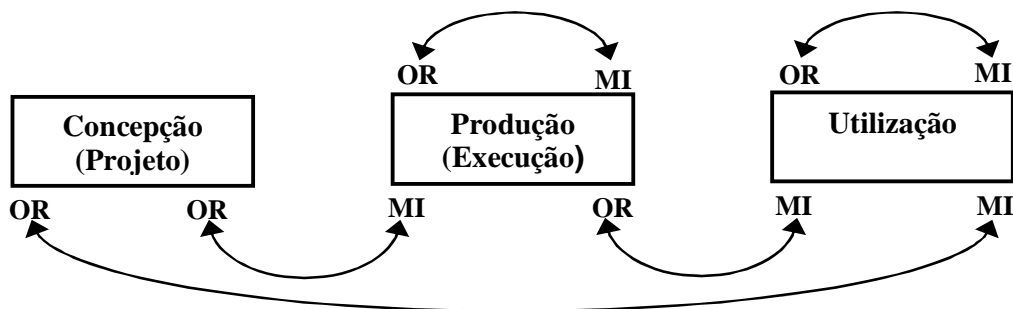


Figura 2.1.5 - Origens de problemas patológicos das construções (MOTTEU e CNUDD, 1989)

Noutro sentido, para Corrêa (2006) o grande vilão das perdas financeiras na construção civil é o desperdício de materiais, resultado do consumo desnecessário e práticas de aplicação desses materiais má orientada, elevando consideravelmente a produção dos chamados Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Nas empresas onde há programas para redução do RCD e de seu impacto ambiental, observa-se que essas ações estão centradas na gestão dos resíduos, focadas principalmente na seleção, reciclagem e transformação, esquecendo-se que o estudo antecipado e preventivo de redução destas perdas é mais eficaz a partir de considerações e conceitos estabelecidos na atividade de projeto

Para Souza (2005) as causas das perdas de materiais na obra e suas ocorrências se relacionam às razões imediatas, mas que é importante entender, dentro do objetivo de diminuir o desperdício, que há razões “mais distantes” que fomentam as manifestações destas perdas (Figura 2.1.6). Para o mesmo, muitas perdas têm sido classificadas ou relacionadas com origem na execução da obra. No entanto, pode-se citar o caso das perdas de blocos de cerâmica, apesar desta manifestação se associar à etapa de produção, na verdade, quase sempre sua origem está na etapa de concepção, devido a não-compatibilização de projeto.



Legenda: OR=Origem
MI=Momento de Incidência

Figura 2.1.6 – Indicação genérica dos possíveis momentos de incidências e origem das manifestações de perdas (SOUZA, 2005)

Outro ponto importante para o projeto é que ele deve levar em conta não só o aspecto da construção, mas também, outros fatores como: ocupação, manutenção e desconstrução. Atualmente, a ato de se projetar e construir edifícios no mundo industrializado é realizado de maneira perdulária e irresponsável. A maioria dos edifícios são projetados com uma expectativa de vida de apenas algumas décadas, sem qualquer consideração com o que acontecerá depois da sua vida útil. Na verdade um terço de todos os resíduos sólidos depositados em aterros vem da construção civil e demolição, (CRAVEN, OKRAGLIK e EILENBERG, 1994).

Estes resíduos podem ser evitados ou reduzidos, aumentando as atuais taxas de reutilização e reciclagem de materiais de construção e componentes. Um dos principais obstáculos à reutilização destes materiais, é que os edifícios atualmente não são projetados para facilitar a desconstrução, principalmente, porque ainda não existe uma base de conhecimento sobre a desconstrução de edifício. Contudo, segundo Crowther (2002) o conhecimento sobre o desenvolvimento de projeto para facilitar a construção deve ser transferido para criar condições para o desenvolvimento de projeto para desconstruir. Para Thomaz (1989), ao projetar-se um edifício, além da importância dada à estética, à segurança, à higiene, à funcionalidade e ao custo inicial da obra, é preciso ter em mente que projetar é também levar em conta aspectos como ocupação, manutenção, durabilidade e desconstrução da edificação.

Nesse sentido, há de se pensar que o projeto é um dos itens de maior potencial para se determinar as principais origens de desperdícios com objetivo de subsidiar a estratégia do programa da qualidade na empresa, equilibrando investimento com qualidade e resultado econômico com redução de custos, (MELHADO 1994).

2.2 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETO

2.2.1 Conceito de Compatibilização

A compatibilização de projetos como resultado da integração das interfaces dos vários projetos de arquitetura e complementares de edifícios, tem sido considerado como a melhor abordagem para resolver com sucesso os problemas históricos da fragmentação dos projetos do sub-setor de edificações e com isso reduzir ou eliminar alguns dos seus principais problemas: as interferências físicas, perdas de funcionalidades e recursos decorrentes de incompatibilidades de projetos. Esta abordagem envolve a utilização de meios para gerenciar e manipular dados, tanto geométricos quanto e não geométricos, facilitando assim o planejamento, a concepção e a construção através de um processo integrado.

Do ponto de vista específico da compatibilização de projetos, inúmeras são suas definições, fundamentadas em vários estudos realizados. Em geral todos relacionados com o bom desempenho do projeto em termos de tempo, custo e qualidade.

Para o SINDUSCON-PR (1995) a compatibilização de projetos é a atividade de gerenciar e integrar projetos correlatos, visando o perfeito ajuste entre os mesmos e conduzindo para a obtenção dos padrões de controle de qualidade total de determinada obra.

Segundo Picchi (1993) a compatibilização de projetos compreende a atividade de sobrepor os vários projetos e identificar as interferências, bem como programar reuniões, entre os diversos projetistas e a coordenação, com objetivo de resolver interferências que tenham sido detectadas.

De acordo com Callegari (2007) a compatibilização é a atividade de gerenciar e integrar os vários projetos de determinada obra, visando o perfeito ajuste entre os mesmos, com objetivo de minimizar os conflitos existentes, simplificando a execução, otimizando e racionalizando os materiais, o tempo, a mão de obra, e por final a manutenção. Compreende, também, a ação de detectar falhas relacionadas às interferências e inconsistências físicas entre vários elementos da obra.

Para os autores Rodriguez (2005) e Melhado (2005) a compatibilização de projetos é a atividade de superpor os projetos de diferentes especialidades para analisar e verificar suas interferências e ajustar as interfaces, entre as diferentes soluções dos diversos projetos de uma edificação.

Segundo Silva (2004) a compatibilização de projetos é uma atividade que procura analisar as diversas soluções dimensionais, tecnológicas e estéticas para que sejam compatíveis entre si e no conjunto dos projetos.

Graziano (2003) relaciona a compatibilização de projeto ao produto final. Para o mesmo a compatibilização é o atributo do projeto, cujos componentes dos sistemas, ocupam espaços que não conflitam entre si, além disso, os dados compartilhados apresentam consistência e confiabilidade até o final do processo de projeto e obra.

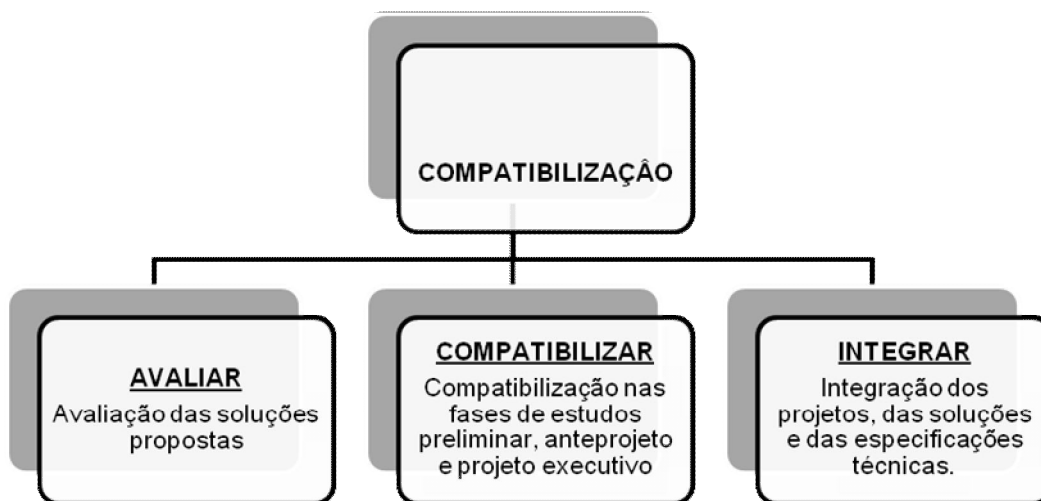
Rodrigues e Heineck (2001), afirmam que a compatibilização de projeto é uma atividade essencialmente técnica, onde são realizados os ajustes geométricos e dimensionais dos diferentes projetos, com a finalidade de minimizar as interferências entre os mesmos, indo de uma integração geral das soluções até as verificações de interferências geométricas das mesmas e com isso tornar o projeto final mais racional e adequado às necessidades da produção.

Na opinião de Gus (1996) apud Callegari (2007) a compatibilização trata-se de uma "atitude", que deve prevalecer através de desenvolvimento dos projetos. Para ele, realizar a compatibilização é subordinar os interesses individuais dos projetistas às demandas do processo como um todo, sendo necessário que se trabalhe em conjunto, onde todos os componentes do projeto passam a ter um papel fundamental no processo, tanto na participação cooperativa no desenvolvimento dos projetos quanto no compromisso do aprimoramento contínuo deste processo.

Em análise mais criteriosa, observa-se que a maioria dos autores define a compatibilização de projetos não só pelo foco espacial e geométrico, mas destacam que a compatibilização deve ir além da sobreposição dos desenhos dos diversos projetos que compõe uma edificação. Estabelecem que a compatibilização está inter-relacionada com o processo do desenvolvimento dos projetos composto pela gerência, pela coordenação e pela própria compatibilização, entendida aqui, como ação de detectar falhas relacionadas às interferências e inconsistências físicas entre vários elementos da obra.

Caminhando no sentido de que a compatibilização é um procedimento que deve ser realizado no âmbito da coordenação de projetos, sendo portanto, um fator importante na melhoria da construtibilidade e da racionalização construtiva. Novaes (1998) e Silva (2004) destacam que a compatibilização de projetos como atividade da coordenação de projeto tem a incumbência de avaliar, compatibilizar e integrar os diversos projetos do produto e para a produção, como também as soluções adotadas e as especificações técnicas. Segundo os autores citados, a compatibilização inicia na fase de estudos preliminares, através da avaliação

das soluções propostas e prossegue na fase de anteprojetos, e termina com a compatibilidade parcial e final na fase dos projetos executivos, integrando as soluções e especificações dos diversos projetos, conforme aspectos mostrados na Figura 2.2.1.



2.2.1 - Aspecto da compatibilização de projetos (adaptado de SILVA,2004)

Neste sentido, Bordin (2003) afirma que muitos profissionais da área da construção de edifícios, acreditam que a compatibilização deva ser realizada por um profissional especialmente contratado para essa função, o coordenador de projeto. No entanto, outros acreditam que essa função, deve ser exercida pelos próprios especialistas. Para Bordin(2003), em geral, observa-se que a divisão entre os especialistas pode incorrer em atuação cujas soluções de interface são colocadas em segundo plano, e os profissionais passam a ter foco na concepção de sua área específica. Esta situação é fundamentada por Corrêa (2006), que cita como exemplo a integração entre os projetos de arquitetura e estrutura de edifícios. Para o mesmo, esta integração tem sido um dos desafios entre os projetistas do sub-setor de edificações. A cultura de se fazer esses projetos em série, implica em aumentar o risco de retrabalho, fazendo com que o projeto fique indo e vindo nas mãos de arquitetos e engenheiros até que todos os problemas de interface sejam resolvidos. O problema se agrava quando os profissionais possuem pouca experiência em lidar com as interfaces entre os dois projetos. Para Castro (1999) um dos problemas mais comuns nas manifestações patológicas encontrados em edifícios são as interferências entre o projeto estrutural e os projetos de instalações, proveniente de incompatibilidades de projetos ou de modificações no decorrer da

execução da obra, principalmente devido à falta de uma melhor coordenação entre os diversos sistemas envolvidos.

Concluindo, para que esse processo seja totalmente bem sucedido, é necessário alcançar a integração dos elementos dos edifícios, tanto na dimensão horizontal, como na dimensão vertical (KANGARI e SADRI, 2003). A compatibilização de projeto é imprescindível para uma produção controlada, sendo a concepção, uma atividade viva e constante para os projetos complementares e mutantes para o projeto de arquitetura, centrada sempre em busca dos padrões do controle de qualidade. (CALLEGARI, 2007)

2.2.2 Dimensões da Compatibilização

Solano (2005) alarga a visão sobre o trabalho de compatibilização de projetos, saindo da análise dos pontos conflitantes entre as diversas interfaces do projeto, para outras dimensões, sendo elas: estratégica, pesquisa de mercado, viabilidade técnico-econômica, construtibilidade e facilitação de fluxo da produção dos projetistas. Para o autor a compatibilização gráfica cada vez mais se extingue nas mãos dos projetistas quando bem orientados pelo gerente e coordenador de projetos. Estas dimensões são explicitadas a seguir:

a) Dimensão do plano estratégico do projeto

Nesta dimensão o compatibilizador deve empenhar-se no sentido de criar condições para que os projetistas desenvolvam os projetos dentro do cronograma previsto, dentro do custo e que o projeto seja desenvolvido como um processo de produção, com foco na satisfação do cliente, na construtibilidade e na padronização do produto final, evitando atrasos e contratempos.

b) Dimensão da pesquisa de mercado

Nesta dimensão o compatibilizador deve focar suas ações no sentido de orientar os projetistas na satisfação do cliente final, garantindo que os projetos atendam aos requisitos dos ambientes e de suas relações, da orientação solar, da vista panorâmica e da acessibilidade. Orientando também para que o memorial descritivo dos projetos caminhe em direção à estética, à durabilidade e à manutenção.

c) Dimensão da viabilidade técnico-econômica

Nesta dimensão o compatibilizador deve utilizar os indicadores geométricos, de consumo, de custo e de produtividade considerados no estudo de viabilidade econômico-financeira do empreendimento. Deve utilizar também outros indicadores como índice de compacidade, taxa de formas, taxa de armaduras, taxa de concreto, taxa de esquadrias, taxa de

tubos de esgoto, entre outros e verificar os itens da curva ABC a coerência dos projetos frente ao plano da viabilidade.

d) Dimensão da construtibilidade

Esta é a dimensão normalmente praticada pelos compatibilizadores. As médias e grandes empresas aplicam esta dimensão apenas no ato de sobrepor os desenhos na busca de inconformidades, mas, muitas vezes, sem método definido. Esta dimensão propõe um método que possa garantir três aspectos: construtibilidade, operacionabilidade e manutenibilidade. Para atingir estes objetivos o compatibilizador deve verificar a atualidade dos documentos que referenciam o desenho; se a base dos projetos é a versão atual do projeto de arquitetura liberado, se o projetista atendeu à padronização dos documentos; sobrepor o projeto no desenho a ser compatibilizado e anotar as desconformidades e solicitações na *layer* do coordenador; compatibilizar os desenhos dos projetos dois a dois; manter o controle da compatibilização e divulgar os resultados da compatibilização amplamente entre os intervenientes do projeto.

e) Dimensão da facilitação de fluxo da produção dos projetistas

Esta dimensão não é utilizada pela maioria dos compatibilizadores. Nesta dimensão, o compatibilizador deve fazer cumprir os prazos previstos no cronograma, cumprir os prazos previstos para compatibilização, não liberar os desenhos com pendências, divulgar todo o processo de compatibilização e liberar o projeto referencial somente após a liberação do compatibilizador.

2.2.3 Compatibilização x Construtibilidade

Enquanto a literatura nacional trabalha com frequência o termo “compatibilização de projetos” nos mais variados focos e dimensões, na literatura internacional não há referências sobre este assunto com a mesma terminologia. Embora, a literatura nacional traga diversas citações de artigos internacionais usando termos relativos à “Construtibilidade” (FERREIRA, 2007)

O conceito de construtibilidade foi introduzido na década de 80 nos Estados Unidos da América com a nomenclatura de “Constructability” e Reino Unido como “Buildability”, (PERALTA, 2002). *Buildability* e *constructability* são sinônimos de um conceito que evoluiu ao longo de um certo número de anos, destacando-se como o único conceito de gestão que

tem sido concebidos e desenvolvidos pela indústria da construção civil para a indústria da construção civil, (McGEORGE e PALMER, 1997).

Para Construction Industry Research and Information Association (CIRIA, 1983) construtibilidade são as medidas de um projeto de um edifício para facilitar a construção, atendendo a requisitos de desempenho e qualidade para o edifício concluído. Esta definição está incluída dentro de dois pontos principais: o projeto para facilitar a construção e projeto dentro de uma visão holística (LANGKEMPER et al , 1999).

Segundo o Construction Industry Institute (CII) da Universidade do Texas, Construtibilidade refere-se à integração otimizada do conhecimento e experiências das técnicas construtivas com as áreas do projeto, para alcançar os objetivos globais do empreendimento. O CII da Universidade do Sul da Austrália define a construtibilidade como um sistema que busca atingir a integração do conhecimento do processo de construção do edifício, maximizando o projeto para alcançar metas de forma eficiente, acordados em níveis de qualidade do projeto concluído. (CII apud CROWTHER, 2002).

Pelos conceitos apresentados, a construtibilidade pode ser entendida como: as medidas do projeto com objetivo de facilitar a construção e ainda satisfazer os requisitos gerais de instalação de um edifício. Trata-se de uma "atitude", que deve prevalecer através de ações integradas dos conhecimentos e experiências do construtor e dos projetistas a serviço do desenvolvimento dos projetos.

Para Fabricio (2002), a construtibilidade está diretamente ligada à qualidade das soluções de projeto e à integração entre os projetos com o sistema de produção da obra. A qualidade e o detalhamento das soluções dos projetos são importantes para disponibilizar, ao pessoal da obra, o que se espera do produto e dos subsistemas construtivos. Novaes (1998) também afirma que a compatibilização de projetos pode constituir-se em importante fator de melhoria da construtibilidade e de racionalização construtiva, devido principalmente ao seu caráter de ação projetual, que permite interagir e conciliar os elementos construtivos das edificações, nos aspectos físicos, geométricos, tecnológicos e de produtividade. Os autores Ganah, Bouchlaghem e Anumba (2005), acompanham essa idéia, quando associam a construtibilidade às interfaces entre os componentes e sistemas construtivos, bem como conflitos oriundos da informação gráfica apresentada pelos especialistas. Para os autores a análise das incompatibilidades de projetos são fatores importantes para a construtibilidade, que ele chamou de “construtibilidade de projeto”

Apesar dos conceitos defendidos pela CIRIA e CII serem os mais aceitos, o Building Performance Research Grup (BPRG) da Universidade de Newcastle na Austrália estudou

outro aspecto importante da investigação do conceito de Construtibilidade. O BPRG a partir do trabalho realizado anteriormente pela CIRIA reavaliou o conceito de Construtibilidade, levando em consideração a visão mais ampla do projeto, com uma preocupação mais estratégica, em vez de operacional, (CHEN e MCGEORGE, 1994).

Para o BPRG é preciso reconhecer que existem muitos outros fatores que influenciam as tomadas de decisões para construtibilidade do projeto, além da defendida inter-relação entre planejamento e construção. Esses fatores são importantes e moldados por todo o processo de construção, (KAJEWSKI, 2003). O modelo conceitual de Construtibilidade desenvolvido pela BPRG destina-se a compreender todo o processo de construção como um sistema de atividades e pessoas inter-relacionadas, cada um dos quais podendo ter um impacto sobre o processo de construção, conforme detalhado na Figura 2.2.2 (CROWTHER,2002)

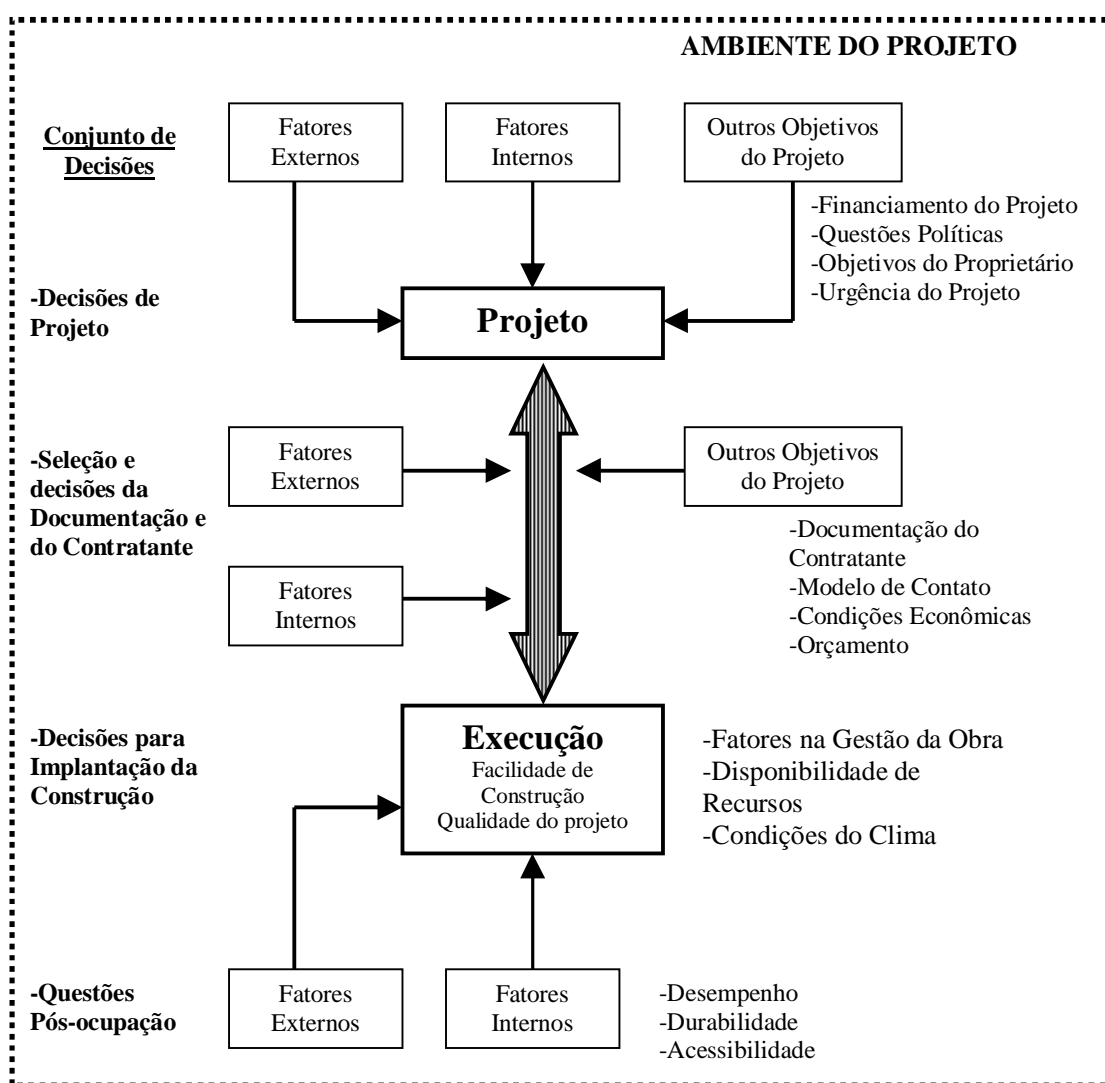


Figura 2.2.2 - Visão do sistema de integração projeto e construção (CROWTHER,2002)

Segundo a BPRG, fatores internos e externos juntamente com outros objetivos do projeto influenciam as decisões dos projetistas, impondo restrições sobre o processo decisório do projeto. Estes fatores influenciam negativamente a capacidade do projeto em facilitar a execução. Ao mesmo tempo, a presença de outras decisões que podem não ter sido feitas pelos projetistas, e que estão alocadas entre a função de projetar e construir, tais como documentação, contratante, escolha da forma do contrato, procedimentos e outras. Todas elas causando um impacto significativo sobre o processo de construção, (KAJEWSKI, 2003).

A partir deste conceito Chen e McGeorge (1994) propuseram um modelo conceitual tridimensional (Figura 2.2.3) que influencia a decisão de construtibilidade. Segundo os pesquisadores o sistema é composto por três dimensões:

- 1)Os participantes;
- 2)Os fatores;
- 3)Ciclo de vida do projeto.

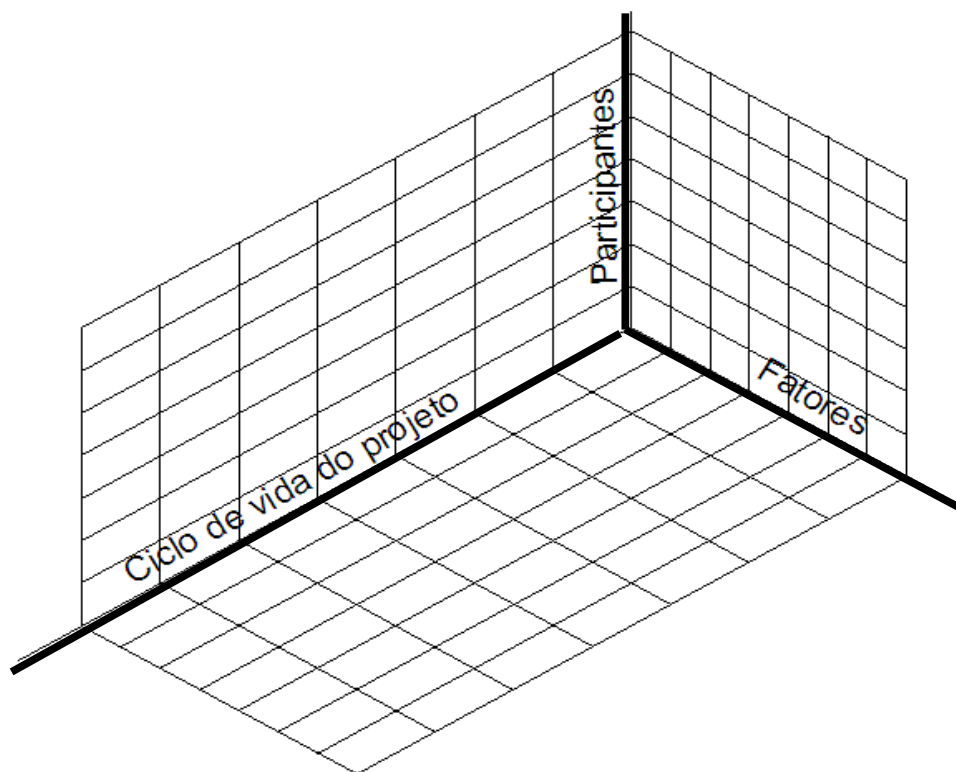


Figura 2.2.3 - Modelo tridimensional para a decisão de construtibilidade (CHEN e MCGEORGE, 1994)

Os autores estabeleceram que no eixo dos participantes estão incluídos: clientes, usuários, financiadores, órgão reguladores, empreiteiros, projetistas e outros. O eixo do

ciclo de vida do projeto inclui: estudo de viabilidade, concepção, a documentação, construção e demolição ou retrabalho. O eixo dos fatores inclui os fatores externos e internos, além dos objetivos do projeto que são classificados como fatores positivos, negativos e neutros.

Os autores defendem que grande parte do problema de construtibilidade não é devido à falta de informação, mas sim à falta de gestão da informação, e que a partir do modelo é possível identificar e caracterizar os fatores que têm mais impacto sobre construtibilidade do projeto, com objetivo de amenizar os efeitos negativos e reforçar os efeitos positivos.

2.3 QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.3.1 Racionalização

O setor da construção civil ao caminhar no sentido da busca da qualidade começa a compreender que a racionalização passa pelo processo do desenvolvimento de projeto. Contudo, segundo Callegari (2007) este setor ainda não tem uma visão global do processo, como também, apresenta dificuldade tecnológica para atender estas novas demandas do mercado.

Para Barros (1997), atualmente, a estratégia de implementação de qualidade na construção civil, está fundamentada na idéia que é preciso estabelecer possibilidades para a aplicação da tecnologia construtiva racionalizada. Entendendo, que esta é uma forma capaz de impulsionar a melhoria contínua dos recursos tecnológicos organizacionais, empregados no processo construtivo tradicional de produção de edifícios, com vista à sua máxima racionalização.

A racionalização possibilita também, um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis como a qualidade na estrutura organizacional envolvida, inovações tecnológicas e produtivas, e diversidade dos conceitos relativos aos produtos e ao seu processo de finalização.

O termo racionalização na construção civil passa por vários entendimentos e é aplicado de diversas formas e em diferentes realidades. Para melhor entender o conceito de racionalização e suas aplicações, aborda-se vários conceitos sobre o ponto de vista de vários autores.

Para Rosso (1980), a racionalização é o processo mental que governa a ação contra os desperdícios de tempo e de materiais dos processos produtivos, aplicando o raciocínio sistemático, lógico e resolutivo, compreendidos pelo conjunto de ações, com o objetivo de substituir as práticas rotineiras convencionais por recursos e métodos baseados em raciocínio sistemático, visando eliminar a casualidade nas decisões.

Segundo Franco (1992), a racionalização da construção é o processo dinâmico que torna possível a otimização do uso de recursos humanos, materiais, organizacionais, tecnológicos e financeiros, visando atingir objetivos estabelecidos nos planos, logo a racionalização preconiza a otimização de recursos e o aumento da produtividade.

Desta forma, Sabbatini (1989) define racionalização construtiva como um processo composto pelo conjunto de ações no plano micro-econômico com o objetivo de aperfeiçoar o uso dos recursos materiais, humanos, organizacionais, tecnológicos, energéticos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases.

Para Franco (2009) a compreensão do conceito de racionalização construtiva, não é universal. Muitas vezes, ela é confundida com ações de menor impacto e extensão do que as desejadas. Para o mesmo, o significado da palavra racionalização muitas vezes é levada ao uso coloquial, com isso, levam muitos a acreditar que a racionalização consiste de um conjunto de pequenas medidas, tais como a aplicação de uma ferramenta diferente – um carrinho, uma bisnaga ou um andaime – na obra. No entanto, segundo o autor, a racionalização construtiva para ter os efeitos de grande impacto no custo e qualidade das obras, só pode atingir seus objetivos quando ela for vista pelo um foco muito mais amplo, desde a concepção do projeto até a fase de manutenção.

Melhado (1994) abre a visão sobre a racionalização construtiva, quando destaca a sua importância como ferramenta capaz de fomentar os programas de melhoria da qualidade, com aplicações e resultados mesmo que em curto prazo. Ressaltando, também a importância da racionalização como um princípio que pode ser utilizado em qualquer processo construtivo, proporcionando considerável redução de custo, a partir da implantação de ações de padronização de componentes, simplificação de operações e aumento de produtividade.

No ponto de vista da racionalização, Melhado (1994) coloca o projeto em posição de destaque. Para o autor a maior parte das ações de racionalização deve ser tomada na etapa de projeto. Este pensamento é acompanhado por Duarte e Salgado (2002) quando afirma que o projeto executivo pode ser um instrumento eficaz, capaz de aperfeiçoar o uso dos materiais, levando em conta suas dimensões, e com isso diminuindo desperdícios na hora de sua

colocação e também pela capacidade de orientar e estudar as melhores soluções de integração dos sistemas construtivos utilizados, evitando incompatibilidades entre os mesmos.

De maneira mais ampla, há um consenso na idéia de que a tecnologia construtiva racionalizada enfoca a importância significativa do desenvolvimento de um trabalho sistemático para a construção, através da aplicação de técnicas de engenharia para elaboração de metodologias, procedimentos, manuais, desenhos, treinamento, e ainda, o desenvolvimento de um programa de racionalização e padronização.

2.3.2 Lean Construction

Outro aspecto ligado ao princípio da qualidade na construção civil é a produção enxuta ou “Lean Construction”. A produção enxuta teve suas origens ligadas à indústria japonesa, inicialmente na Toyota, como alternativa para a melhoria da produção e supressão de todo e qualquer tipo de desperdício, ou seja, a eliminação de tudo que não era essencial à produção, num ambiente de melhoria contínua da qualidade e do processo de produção (FEITOSA et al, 2007)

Desta forma, segundo Branco (2004), a *Lean Construction* ou construção enxuta, pode ser conceituada como um modelo da produção cujos princípios e técnicas formam a base de um sistema de desenvolvimento e implantação de empreendimentos.

A condição mais importante para a implantação do paradigma da teoria do *Lean Production* na construção civil, segundo Isatto (2000), é a introdução de uma nova forma de entender os processos. O mesmo cita alguns parâmetros para o desenvolvimento do “projeto enxuto”, sendo eles:

- a) Equipes multi-disciplinares (coordenador de projeto, calculistas estruturais, projetistas de instalações, construtores e usuários)
- b) Definição clara das etapas do projeto;
- c) Estudo de viabilidade, durabilidade e manutenibilidade,
- d) A definição das informações e documentos em cada etapa do projeto;
- e) A definição dos agentes intervenientes em cada etapa do projeto,
- f) Cronograma de projeto,
- g) Métodos de revisão de projetos, para detecção de falhas potenciais;
- h) Detalhamento das tecnologias construtivas;
- i) Retroalimentação de dados dos projetos;
- j) O registro do projeto as built.

Para Callegari (2007) a construção enxuta se apresenta como a melhor opção em solução de problemas dos processos produtivos. Ao sugerir soluções alternativas para a melhoria dos processos construtivos, não deve basear exclusivamente na implementação de novas tecnologias, mas também direciona os esforços para a racionalização dos processos. Na otimização dos fluxos existentes entre as diversas atividades necessárias para execução de um projeto, a construção enxuta consegue abranger e moldar-se às peculiaridades da construção. Isto fundamenta a idéia de Nakagawa e Shimizu (2004) apud Feitosa et al (2007) que comentam que a mensuração convencional de custo na construção civil, o valor da mão de obra e do material estão, na maioria dos casos, combinados. Conseqüentemente, o custo estrutural fica pouco visível, tornando difícil encontrar onde ocorre o desperdício (no material ou na mão-de-obra). Desta forma os recursos disponíveis como: planejamento, projeto e sistemas de informação, integrando projetistas desde a concepção, viabilização e projetos dos empreendimentos, têm se mostrado muito mais eficientes e com resultados mais expressivos, possibilitando reduzir os desperdícios, tais como: tempo; recursos norteadores para os pressupostos da construção enxuta aplicáveis ao processo de projeto.

O pensamento *lean construction* e a racionalização constituem-se nas diretrizes mais recomendadas para a melhoria e garantia da qualidade na construção de edifícios. Tanto a produção enxuta como o ato de racionalização são processos que englobam todas as atividades que otimizam o uso dos recursos humanos, de materiais, tecnológicos, energéticos, organizacionais, temporais, bem como outros aspectos como: os orçamentos previstos, a implantação de padronização de componentes, simplificação de operações e aumento de produtividade, todos eles relacionados diretamente com a redução dos recursos. Desta forma os conceitos de compatibilização, construtibilidade, racionalização e *lean construction* se completam em uma teia de conceitos e objetivos, todos eles focados na qualidade da construção civil.

2.4 TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E SISTEMAS CAD

2.4.1 Tecnologia da Informação

O número crescente de informações dos projetos de edificações e as atividades dos diversos projetos isoladamente exigem cada vez mais a comunicação entre os participantes dos projetos, em busca de oportunidades para diminuir os custos, reduzir defeitos ou patologias construtivas provenientes das incompatibilidades de projeto.

Os computadores revolucionaram a forma como os documentos são produzidos, juntamente com as tecnologias da informação, que por sua vez, revolucionaram a forma como as pessoas trocam informações e documentos. Esta mudança surgiu recentemente e tem ocorrido muito rapidamente. Hoje, quase todos os empregados em empresas de arquitetura e de engenharia, trabalham com um computador, ficando evidenciado que a tecnologia da informação e computadores hoje são partes integrantes do dia-a-dia da maioria de empresas e profissionais da indústria da construção civil.

A tecnologia da informação representa uma mudança de paradigma no que diz respeito à transferência e gestão de informações, apresentando-se como um grande potencial para o processo de informação no sub-setor da indústria da construção civil (HUGUES, 2000).

Bjork (1999) define a Tecnologia da Informação (TI) como utilização de computadores e programas para o processamento, armazenamento, transmissão e apresentação de informação. TI engloba muitas tecnologias, tais como computadores, softwares, redes e até mesmo telefones e máquinas de fax com objetivo de facilitar a troca e gestão de informações (HUGUES, 2000).

Segundo Nascimento et al. (2003) a Tecnologia da Informação envolve a captura, armazenamento, processamento e distribuição da informação por meios eletrônicos.

Para Villagarcia et. al. (1999) a Tecnologia da Informação classifica-se em três categorias, sendo elas:

- a) Comunicações (redes de computadores, correio eletrônico, telecomunicações);
- b) Acessibilidade aos dados (Eletronic Data Interchange (EDI), Computer Aided Design (CAD));
- c) Sistemas comuns de processamento de dados: (sistemas especialistas, conferência eletrônica).

Para Silva (2004) as novas tecnologias da comunicação têm contribuído no sentido de distribuir mais rapidamente as informações, disponibilizando maior quantidade e permitindo acesso mais amplo e imediato a estas informações, vencendo barreiras temporais e geográficas.

O uso adequado das novas tecnologias de informações permite aos profissionais aproveitar melhor o seu tempo, dedicando-se a propor soluções técnicas mais eficazes na sua especialidade, favorecendo a qualidade ao longo do processo do projeto (SILVA, 2004).

Observa-se que cada vez mais os gestores são obrigados a pensar que a TI tem muito a contribuir para o bom desempenho dos projetos. Este argumento é amplamente adotado em

outros setores, mas continua sendo mal entendido e aplicado no sub-setor da construção civil. Apesar disso, para Scardoelli et al (1994) a indústria da construção civil sofre de um grande atraso tecnológico em relação aos outros setores. Esse atraso ocorre principalmente devido à resistência às inovações tecnológicas, emprego de métodos de gestão ultrapassados, excessivo esforço físico e condições adversas de mão-de-obra e a falta de incorporação de uma nova base de organização de trabalho a partir do uso da Tecnologia da Informação.

A falta de eficácia no uso da TI em projetos no passado, muitas vezes cria dificuldade em justificar despesas futuras na gestão dos benefícios das inovações da tecnologia da informação na Construção Civil (BJORK, 1999). Segundo Andresen et al. (2000) a indústria da construção civil tem investido pouco em TI comparado a outros setores da indústria. Estudos realizados no Brasil por Nascimento e Santos (2002) e em outros países por Hugues (2000), mostram que, geralmente, a utilização da Tecnologia da Informação no setor da construção civil é semelhante em todo o mundo, ficando restrita principalmente ao uso das tecnologias Computer Aided Design(CAD) e sistemas para cálculo de estruturas.

2.4.2 Extranets de Projeto

As atividades desenvolvidas pelos diversos profissionais, dissociadas e de forma sequencial precisam ser substituídas por atividades de projeto realizadas efetivamente por equipes multidisciplinares (NOVAES,1996). Para Nascimento e Santos (2003) mesmo em um processo de construção simples, centenas ou milhares de documentos podem ser gerados. Esses documentos são de diferentes tipos e incluem pedidos de informação, desenhos CAD, memorandos, fotos, especificações, orçamentos, *layout* de canteiros, atas de reunião e memoriais descritivos, entre outros, e também as normas técnicas, legislação e outros documentos externos. Neste enfoque, o projeto desenvolvido com o suporte da extranet apresenta-se como solução para os problemas decorrentes da falta de comunicação entre as especialidades de projetos, por oferecer durante o desenvolvimento de projetos a integração de toda equipe de forma transparente e rastreável.

A “extranets” de projeto ou os *websites* para gerenciamento de projetos, são atualmente uma das principais tecnologias a disposição da Construção Civil. Soibelman e Caldas (2000), definem a “extranet” como uma rede de computadores que usa a tecnologia da Internet para conectar empresas/profissionais que compartilham objetivos comuns. Para o

mesmo as “extranets” comparadas com os sistemas convencionais apresentam vantagens significativas como:

- Compartilhamento e armazenamento de dados;
- Racionalização de processos e ganho em competitividade;
- Rapidez no fluxo de informações.

Para Santos e Nascimento (2002) as *extranets* de projetos atendem ao gerenciamento de empreendimentos que tenham necessidade de envio, recebimento, armazenamento e controle de grande quantidade de documentos (desenhos CAD, figuras, memorandos, planilhas, etc.); de um sistema on-line para comunicação (vídeo conferência, *chat*, e-mails, fóruns de discussão, listas, etc.); e a automatização racional dos processos e do fluxo de trabalho (*workflow*). O funcionamento da *extranet* está baseado no uso de um ambiente na web exclusivo para o desenvolvimento do projeto, onde o coordenador e uma equipe multidisciplinar (arquitetos, engenheiros, fornecedores, construtores e proprietários) podem armazenar, visualizar e alterar arquivos relacionados ao projeto, de forma controlada e auditável. Ainda segundo Santos e Nascimento (2002) as trocas de informações nas “extranets” reduzem significativamente o grande volume de papel normalmente gerado ao longo do desenvolvimento de um empreendimento.

Em estudo exploratório de dois sistemas comerciais e dois acadêmicos e baseados também em trabalhos de Moeckel (2000), Nascimento (2004), Nitithamyong e Skibniewski (2004), Mendes Jr. et al (2005) definiram os principais recursos disponíveis nas extranets de projeto, sendo a seguir:

- **Gerenciamento de documento:** recurso com a função de armazenar documentos do projeto (arquivos CAD, figuras, memorandos, planilhas, etc.) em um único local. Realizar download e upload de arquivos e inserir comentários aos arquivos.
- **Controle de revisões:** recurso com a função de armazenar e acessar diversas revisões de um mesmo documento. Registrar quem fez e quando foram realizadas as revisões.
- **Visualização de arquivos:** recurso com objetivo de visualizar diversos formatos de arquivos diretamente no web browser.
- **Envio de comunicados:** recurso com a função de realizar a comunicação entre os usuários. Os comunicados funcionam da mesma maneira que os e-mails, com a vantagem de ficarem registrados e disponíveis na extranet de projeto.

- **Notificação por e-mail:** recurso do envio de e-mails aos usuários notificando determinados eventos do sistema (envio de comunicado, upload de arquivo, criação de usuário, etc).
- **Monitoramento do sistema:** recurso com objetivo de controlar os principais (ou todos) os eventos do sistema como, por exemplo, quem e quando criou (ou excluiu) usuário.
- **Sistema de busca:** recurso com objetivo de oportunizar ao usuário uma rápida e prática busca por documentos, comunicados, usuários, etc.
- **Agenda de contatos:** cadastro com informações pessoais (nome, e-mail, telefone, endereço, etc) de cada integrante da equipe de projeto.
- **Fluxo de trabalho (workflow) do projeto:** recursos com objetivo de trabalhar colaborativamente através de requisições de informações, ordens de mudanças e regras que orientam a o processo de execução de tarefas.
- **Chat:** recurso que permite que os membros da equipe do projeto possam conversar em simultâneo e no mesmo canal on-line, através de mensagens escritas.
- **Fórum de discussão:** essa é uma ferramenta de comunicação que permite a discussão on-line de um tópico específico, onde os participantes poderão questionar, responder e comentar um determinado assunto, permitindo, então, que o processo de decisão seja documentado.
- **Cronograma e calendário:** recurso que permite gerenciar reuniões e cronogramas de tarefas em uma agenda centralizada, permitindo rápida consulta e confiança nas informações.
- **Videoconferência:** ferramenta para realizar reunião e discutir de maneira simultânea e direta através de imagens de vídeo e som.
- **Customização (pequena) do ambiente:** permite que os usuários customizem, mesmo que de forma limitada, a interface do sistema para melhor visualização das informações.
- **Arquivamento do projeto:** este recurso permite que todas as informações de um projeto possam ser armazenadas em dispositivos de mídia (HDs, CDs, DVDs, etc), para uso posterior.
- **Visualizar estatísticas do projeto:** permite aos membros da equipe de projeto visualizar um resumo das ações realizadas no sistema, como por exemplo, o número de mensagens e documentos inseridos no sistema.

- **Integração com dispositivos de computação e telefonia móvel:** ferramenta que possibilita trocar informações disponíveis no sistema com dispositivos de computação e telefonia móvel como PDAs e Smartphone.

As *extranets* do tipo ASP(Application Service Provider), nas quais as empresas pagam um valor mensal por projeto ou usuário cadastrado ou por espaço em disco para utilizar os serviços de uma empresa de hospedagem de dados, para acesso via web (datacenter), são atualmente as que mais têm se destacado no mercado (MENDES JR et al, 2005). Mas, segundo Santos e Nascimento (2002) apesar do grande número no mercado desses sistemas colaborativos, chegando a 160 no Estados Unidos e várias no Brasil (Quadro 2.4.1), sua penetração junto ao mercado não tem sido tão grande quanto esperado, devido principalmente a resistências culturais e organizacionais.

Quadro 2.4.1 - Provedores de Extranets de Projeto

Empresa	Site
Acos Web	www.pmnost.de/acos/acos_web_e.html
All Project	www.allproject.com.br/gproj.html
Bricsnet	www.bricsnet.com
Buzzsaw	www.buzzsaw.com/
Citadon	www.citadon.com
ConstructionTracker	www.constructiontracker.com
Constructw@re	www.constructware.com
E-Builder	www.e-builder.net
Expedition	www.verano.com.br/produtos/expedit7.htm
IronSpire	www.ironspire.com/products/index.htm
Neogera	www.neogera.com.br
OnLinePM	www.onlinepm.com/
OnProject	www.onproject.com/
Primavera TeamPlay	www.primavera.com/products/teamplay.html
ProjectEdge	www.onlineproject.com/website.nsf
ProjectWatch	www.projectwatch.net/
Sistrut / SADP	www.sistrut.com.br/sadp/

Skire	www.skire.com/
TeamCenter	www.inovie.com/product/workplace.jsp
The PowerTool	www.thepowertool.com/
USProjects	www.usprojects.com/
VieCon	www.viecon.com/en/default.asp
Conject	www.conject.com/en/
Construmanager	www.e-construmarket.com.br/
Construtivo	www.construtivo.com.br/
JS.NET	www.jsengenharia.com.br
Plantracker	www.plantracker.com.br
Sigep	http://solar.cesec.ufpr.br/sigep/
Sistrut/SADP	www.sistrut.com.br/sadp

Fonte: MIKALDO,2006

2.4.3- Sistema CAD

Outro aspecto que os profissionais do projeto têm à disposição, além do complexo tecnológico, como redes de computadores, são os programas Computer Aided Design (CAD). Até meados do século XIX, o método geral no desenvolvimento do projeto não se alterou muito. Os projetistas nestes períodos usavam as ferramentas simples de desenho (como papel, caneta e régua) para detalhar os elementos dos projetos de edifícios. No entanto, com os avanços da tecnologia e da informática, o processo de desenvolvimento do projeto mudou e melhorou rapidamente (DAMIAN e YAN, 2007). Com a invenção do computador, o CAD 2D como ferramenta de desenho foi adotado completamente na indústria da construção civil (PHIRI,1999). No início, a tecnologia CAD não era tão popular como nos tempos modernos. No entanto, com a popularização de computadores pessoais, a empresa de software Autodesk desenvolveu o renomado AutoCAD. Rapidamente, os arquitetos e engenheiros no mundo começaram a aprender e utilizar este tipo de software para concepção de seus projetos (LEONDES, 2005 Apud DAMIAN,2007).

Segundo Soares & Qualharini, (1998) apud Peralta(2002) o CAD se desenvolveu em três fases ao longo do tempo (Figura 2.4.1).

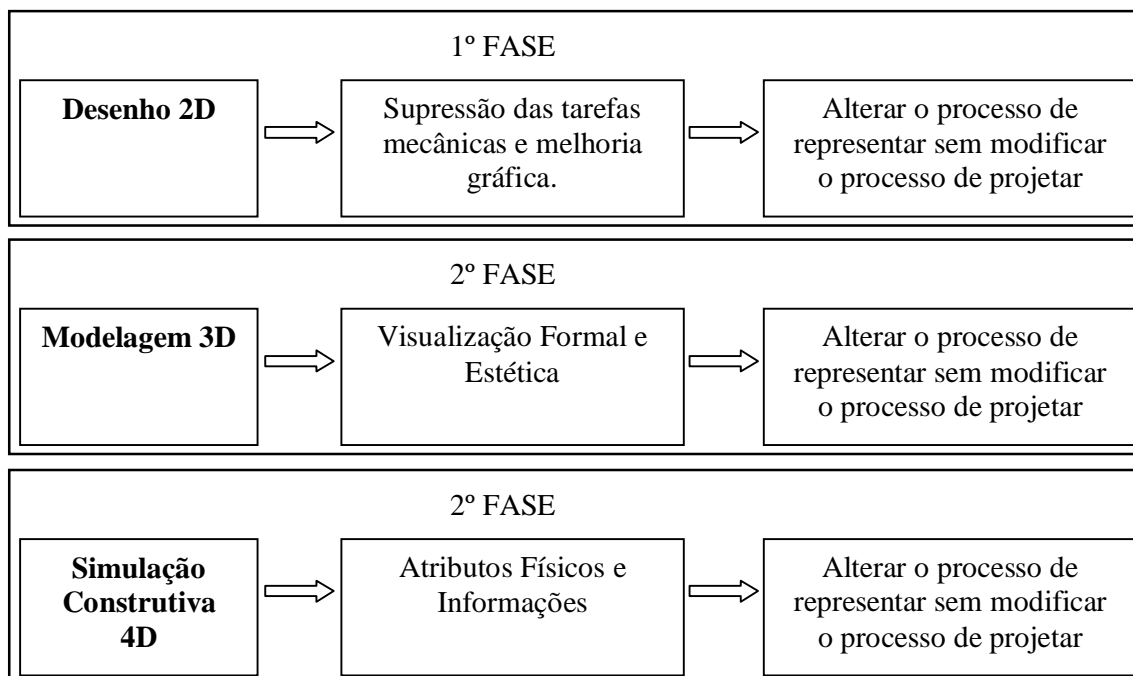


Figura 2.4.1 – Estágios de evolução dos sistemas CAD (SOARES e QUALHARINI, 1998)

Na primeira fase o CAD era usado apenas como ferramenta de desenho em substituição ao desenho tradicional na prancheta, substituindo o papel e as canetas de nanquim. Na segunda fase, surge o uso intenso da modelagem tridimensional formal ou estética, nesta fase busca-se a produção de perspectivas ou maquetes eletrônicas, com objetivo apenas da visualização das edificações. Na terceira o CAD passa ser explorado na simulação do processo construtivo.

A utilização de um sistema CAD pressupõe um conjunto de processos que estão conceituados, segundo Nunes (1997), como: tecnologia na qual integram-se recursos humanos e de informática, constituindo um sistema para elaboração de projeto, especialmente quanto à definição geométrica e representação gráfica.

O CAD tem oferecido benefícios significativos para a concepção e gestão do projeto, por proporcionar ao projetista o aumento da produtividade e a integração das interfaces. Proporcionando uma visão detalhada das soluções adotadas e uma visão geral de todo o sequenciamento da execução e suas etapas.

Apesar de ser completamente inconcebível pensar hoje em dia em escritórios de projeto que não trabalhem com computadores e CAD, segundo Peralta (2002), percebe-se que muitos escritórios de projeto não utilizam toda a potencialidade que o sistema CAD pode oferecer, apesar dos investimentos em sistemas e pessoal. Para o mesmo, o setor da

construção civil ainda não conseguiu extrair o retorno desejado com a aplicação das ferramentas CAD, porque a maioria das empresas adquire sistemas CAD para desenho e não para o desenvolvimento de projeto, isso porque para muitos projetistas, o CAD ainda é visto como uma ferramenta de desenho.

2.4.4 Tecnologia BIM

Além da modelagem 3D, o Building Information Modeling (BIM) surge também como uma nova e poderosa tecnologia no desenvolvimento de projetos. Em primeiro lugar, a tecnologia BIM tem todas as funções de CAD 3D, considerando que a modelagem 3D CAD é meramente coleção de pontos, linhas nas formas 2D e 3D. No conceito BIM, tais entidades geométricas recebem um "significado", simbólico ou abstrato com atributos quantitativos ou qualitativos, tais como durabilidade, resistência ou vida útil. O BIM é um modelo de informação do edifício, que trata a informação da construção desde a concepção até a utilização, manutenção e demolição, Desta forma os elementos da edificação são descritos de forma integrada não só nos aspectos geométricos, mas também a todos os outros aspectos ligados à edificação, (FERREIRA, 2007). A Modelação de informações do edifício é realizada utilizando objetos com atributos para criar elementos de construção: lajes, pilares, coberturas, janelas, fios, conexões hidráulicas e outros objetos. Cada objeto do sistema representa um elemento de construção com um comportamento e atributos relevantes para esse elemento. Por exemplo, o comportamento de uma porta é diferente de acordo comportamento do material que ele é feita.

Como a BIM trabalha com o modelo real do edifício, e não com uma representação 2D, pode-se levantar questões como, por exemplo: relatórios de análises de perdas de calor, controle de custos, volume de massa de construção, e dados sobre as fases da execução, manutenção, além de plantas, cortes, perspectivas e animações e cenas de realidade virtual.

Segundo Damian e Yan (2007) o BIM como uma nova ferramenta de projeto, se apresenta como uma solução inovadora para as empresas de construção. Durante o processo de construção, o BIM pode ser uma ferramenta extremamente poderosa, para eliminar erros no início do projeto, e determinar métodos de construção e melhor custo-benefício. No que diz respeito à eliminação de erros, todos os aspectos da construção são modelados em 3D, com isso, são identificados os conflitos geométricos entre os elementos da edificação, bem como as áreas do projeto que estão faltando informações detalhadas. Devido a isso, os pedidos de informações que normalmente são feitos durante o desenvolvimento do projeto, e

podem ter impacto na programação e custo, são essencialmente gerados bem no início da obra, evitando um impacto negativo sobre o progresso de construção.

Para Ferreira (2007), um dos desdobramentos mais atuais dos conceitos abrigados pela Engenharia Simultânea aplicados à Engenharia Civil é o uso de BIM. Contudo, defende-se que o *modelamento de informações para construção* é uma grande tarefa da qual dependem diversos conceitos altamente elaborados. Essa tarefa só pode ser conduzida graças às novas ferramentas computacionais. No entanto, a utilização da BIM corretamente influencia profundamente a maneira de trabalhar nos empreendimentos de construção.

Segundo Ferreira (2007), a discussão sobre a modelo e sua utilização não é meramente técnica. Não se trata de simplesmente aceitar e verificar a maneira mais eficiente de utilizar um modelo tal qual ele aparece implementado em um programa desenvolvido por uma grande empresa de software de CAD. É preciso utilizar de maneira crítica o modelo, percebendo as vantagens e desvantagens e estudando como usufruir da melhor maneira, e percebendo também as suas falhas e problemas para sugerir mudanças ou correções.

CAPÍTULO 3

PESQUISA E RESULTADOS

3.1 METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1.1 Levantamento de dados

Aplicação de questionário com perguntas fechadas de múltiplas escolhas, com objetivo de caracterizar as empresas, os procedimentos empregados no desenvolvimento de projetos, a conformidade da representação gráfica, compatibilização, tecnologias CAD 2, CAD 3D, uso de tecnologias das informações e projeto Web (extranet).

Os questionários foram enviados via E-mail (formulário Web), a profissionais responsáveis por projetos de arquitetura e complementares e respondidos pelos entrevistados e retornados ao pesquisador também por via correio eletrônico (Apêndice A), para posterior tabulação e análise dos dados.

3.1.2 Estudo de Caso

Seleção de um projeto em fase de execução, para realização de estudo de caso abrangendo as seguintes etapas:

- Levantamento sobre a documentação gráfica, descritiva para análise da compatibilização espacial;
- Verificação e análise da incompatibilidade (interferências Físicas), através de conflitos geométricos e de funcionalidade pelo método de Análise dos Modos e Efeitos das Falhas (FMEA).
- Acompanhamento no canteiro de obra, através de observações in loco e documentos com objetivo de verificar possíveis incompatibilidades entre os projetos de arquitetura e complementares que deram origem a modificações, retrabalho e/ou diminuição da funcionalidade do edifício e consequentemente aumento do custo da obra.

3.1.3 Análise de Dados

Organizar tabelas e gráficos com os dados obtidos com objetivo de identificar as empresas, os procedimentos empregados nos desenvolvimentos de projetos, a conformidade da representação gráfica, compatibilização, tecnologias CAD 2, CAD 3D e projeto Web, apontando possíveis custos decorrentes de falhas ocorridas na fase de projetos.

3.2 PESQUISA QUALITATIVA

3.2.1 Método de Coleta de Dados

Em paralelo ao desenvolvimento do estudo de caso, foram realizadas entrevistas com profissionais ligados à gestão e desenvolvimento de projetos em edifícios de múltiplos andares na região do pólo Petrolina-PE e Juazeiro-BA. Foram selecionados profissionais para serem entrevistados que atuam diretamente na área de projetos, como coordenadores de projetos, projetista de arquitetura, projetista de estrutura e projetista de instalações elétricas e hidrossanitárias. O desenvolvimento da pesquisa foi realizado através de questionário com perguntas fechadas de múltiplas escolhas, cujo modelo encontra-se no Apêndice A. Os questionários foram enviados via e-mail (formulário Web), a profissionais responsáveis por projetos de arquitetura, estrutura, elétrica e hidrossanitária para serem respondido pelos entrevistados e retornando ao pesquisador, também por via correio eletrônico para posterior tabulação e análise dos dados, conforme Figura 3.2.1. Os formulários estavam identificados por e-mail de cada entrevistado, de forma que não poderia ter resposta duplicada, favorecendo dinamismo e confiabilidade nas entrevistas.

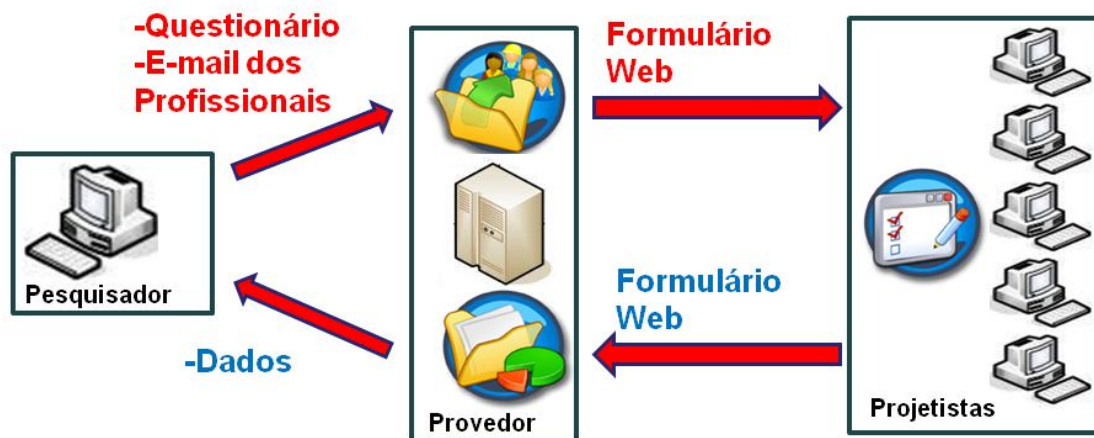


Figura 3.2.1 - Processo de pesquisa via formulário web

Os questionários foram enviados para 69 profissionais. Estes profissionais foram escolhidos aleatoriamente a partir dos contactos telefônicos e pessoais. A taxa de resposta foi de 68%, com 47 respostas válidas.

As informações obtidas a partir da pesquisa foram idealizadas com os objetivos de caracterizar as empresas, os procedimentos empregados no desenvolvimento de projetos, a conformidade da representação gráfica, compatibilização, tecnologias CAD 2, CAD 3D, uso de tecnologias das informações e projeto *Web (extranet)* norteados pelos seguintes princípios:

- Os processos utilizados no desenvolvidos de projeto de edifícios;
- O sistema de informações e comunicação utilizada durante o desenvolvimento de projetos;
- Principais problemas relacionados à compatibilização de projetos;
- Dificuldades e soluções para compatibilização de projetos;
- Nível de conhecimento sobre desperdícios decorrentes da incompatibilidade de projetos.

Uma vez realizada a pesquisa de campo, reuniram-se os dados coletados e agrupamentos de acordo com a natureza das perguntas, com o objetivo de desenvolver uma apresentação de resultados, com uma ligação mais próxima com os objetivos da pesquisa. As respostas obtidas foram distribuídas em cinco categorias, sendo elas: universo da pesquisa, comunicação, conformidade de projeto, desenvolvimento de projeto e compatibilização de projeto.

3.2.2 Do Universo Pesquisado

A distribuição das respostas em relação às cinco áreas de atuação das empresas/projetistas (arquitetura, estrutura, hidrossanitária, elétrica e coordenação de projetos) é mostrada na Figura 3.2.2.

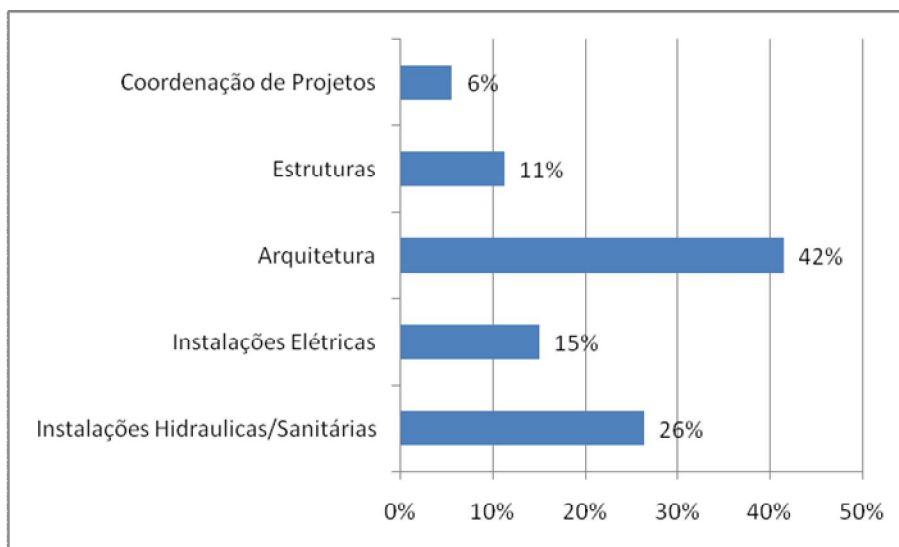


Figura 3.2.2. - Respostas em relação às áreas de atuação das empresas de projetos/projetistas

A maioria dos profissionais pesquisados estão na área de arquitetura, representando 42% dos questionários respondidos, seguido por 26% na área de instalações hidrossanitárias, 15 % na de instalações elétricas, 11% na área de estrutura e apenas 6% na área de coordenação de projeto.

Quanto ao número de profissionais que atuam diretamente nas empresas nos desenvolvimentos de projetos, observa-se um número reduzido nas equipes, conforme a Figura 3.2.3.

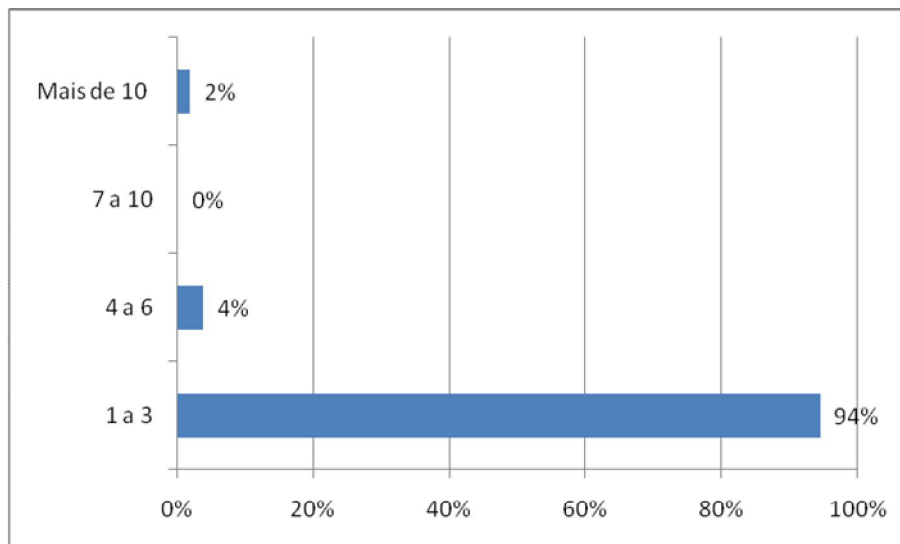


Figura 3.2.3 - Profissionais envolvidos diretamente no desenvolvimento de projeto

A maioria das equipes envolvidas diretamente no desenvolvimento de projeto apresenta de 1 a 3 técnicos atuando nas atividades de projeto, as empresas com 4 a 6 profissionais na equipe apresentaram somente 4% dos entrevistados e apenas 2% estavam no grupo considerado de grandes escritórios de projetos. Observa-se um número reduzido de equipes no desenvolvimento de projetos, fator que dificulta a etapa de compatibilização de projetos, por escassez de pessoal para estas atividades. Outro fator importante é que a maioria das equipes trabalha como “Autônomo”, com isso, os profissionais têm dificuldades de tempo para a tarefa de compatibilizar as interfaces entre os diversos projetos.

3.2.3 Da Comunicação

A pesquisa avaliou o grau de informatização e comunicação durante o desenvolvimento de projetos, destacando os resultados apresentados nas figuras a seguir.

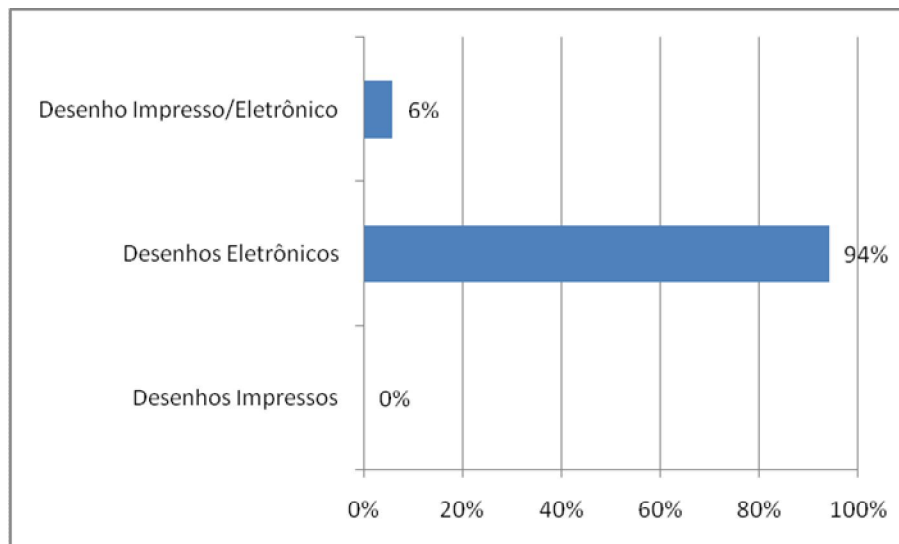


Figura 3.2.4 - Troca de informações entre projetistas

A maioria dos profissionais utilizam desenhos eletrônicos para troca de informações entre projetistas, chegando à ordem de 94 %. Apenas 6% utilizam meios impressos/eletrônicos na troca de informações. Os meios exclusivamente de desenhos impressos praticamente deixaram de ser usados, conforme dados da pesquisa.

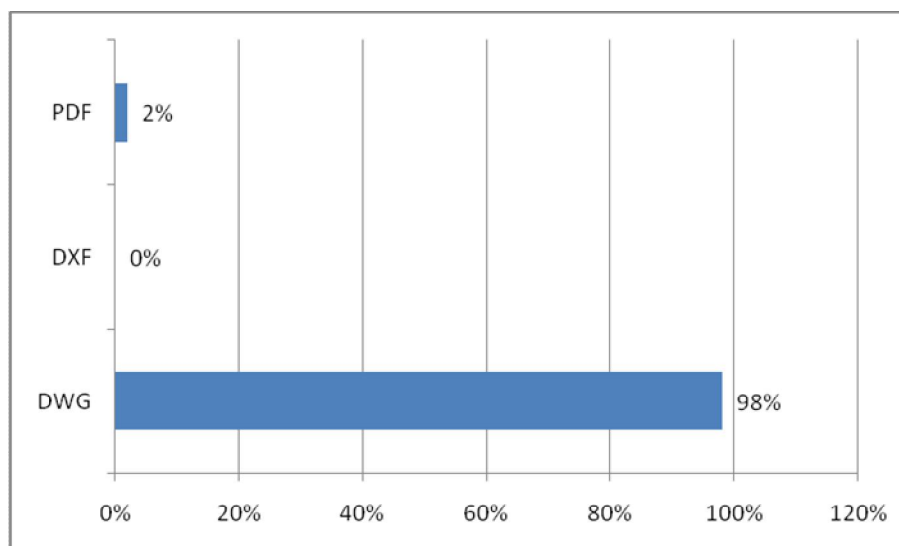


Figura 3.2.5 - Formatos usuais na troca de informações

Quase a totalidade dos profissionais utiliza os arquivos com extensão DWG na troca de informações entre os envolvidos no projeto, chegando à ordem de 98% das respostas. Os outros 2% afirmaram usar extensão PDF na troca de dados (Figura 3.2.5). Estes dados mostram um notório uso do AutoCAD, mostrando a grande difusão da extensão do software, facilitando a troca de comunicação de dados entre os projetistas.

Quanto ao uso da *extranet* no desenvolvimento de projetos, apesar da grande quantidade de portais colaborativos para desenvolvimento de projetos no mercado, 98% dos profissionais afirmaram não usar portal no desenvolvimento de projeto.

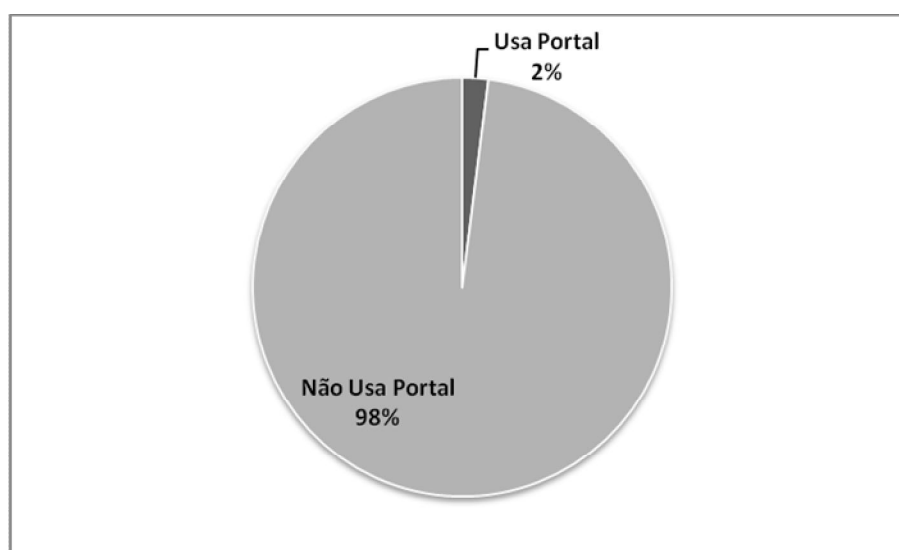


Figura 3.2.6 - Afirmação quanto ao uso de portal colaborativo

Observaram-se grandes barreiras na troca geral de documentos digitais entre projetistas, principalmente devido à internet lenta e à falta de normas que permitam o intercâmbio de dados entre aplicações de softwares existentes no mercado. Observa-se, através desta pesquisa, que a indústria da construção civil, ainda não utiliza totalmente os novos modos de comunicação, e que os meios de comunicação não foram totalmente integrados na cultura do desenvolvimento de projeto.

3.2.4 Da Conformidade de Projetos

A pesquisa avaliou a padronização de dados para a realização de desenhos em CAD, utilizados durante o desenvolvimento dos projetos, estando os resultados apresentados nas figuras a seguir.

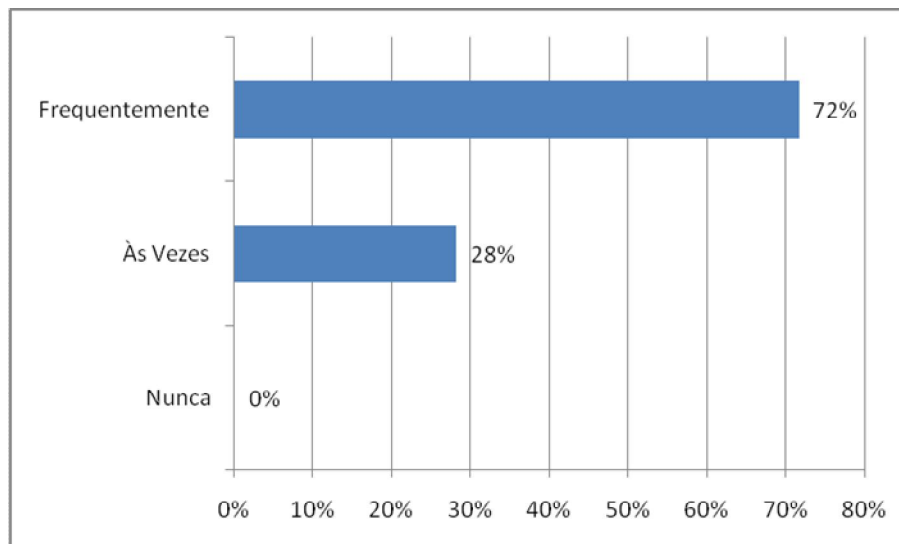


Figura 3.2.7 - Afirmação quanto à consulta de normas técnicas no sistema CAD

Quanto à representação gráfica de projeto no sistema CAD, 72% dos entrevistados afirmaram consultar frequentemente as normas técnicas e 28% disseram que consultam as normas às vezes, conforme descrito na Figura 3.2.7. O gráfico mostra que os profissionais estão constantemente consultando as normas referentes à padronização gráfica dos projetos. No entanto, a Figura 3.2.8, mostra que os profissionais que utilizam padrão próprio chegam a 44%, seguido por 34% ABNT, 20% padrão dos softwares e apenas 2% afirmaram utilizar normas da Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA). Estes dados mostram uma diversidade de utilização de diferentes normas, contribuindo de maneira negativa na conformidade de projetos.

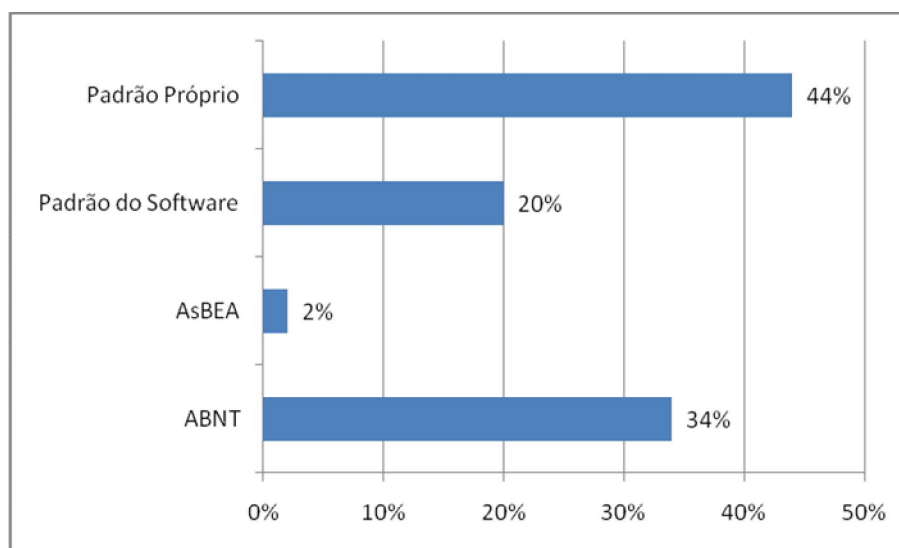


Figura 3.2.8 - Uso da norma de representação gráfica de projetos no sistema CAD

3.2.5 Do Desenvolvimento dos Projetos

A pesquisa buscou informações sobre os softwares utilizados durante o desenvolvimento de projetos, os tipos de modelagem e arranjos das equipes, estando os resultados apresentados nas figuras a seguir.

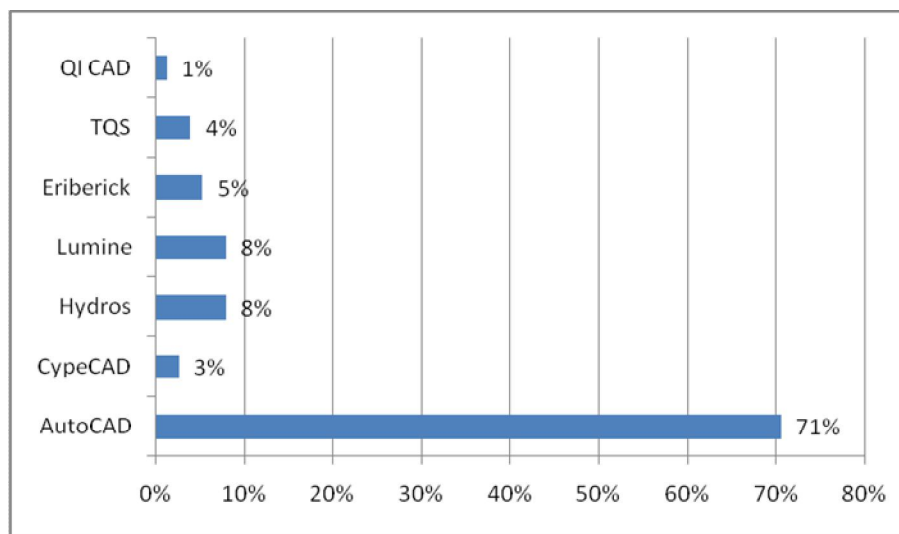


Figura 3.2.9 - Uso de softwares no desenvolvimento de projetos

A Figura 3.2.9, mostra que 71% dos entrevistados afirmaram usar o AutoCAD no desenvolvimento de projetos, os demais aplicativos utilizados no desenvolvimento de projetos ficaram bem abaixo, sendo: 8% o Hydros e Lumine, 5% Eriberick, 4% o TQS, 3% o CypeCAD e 1% o QiCAD.

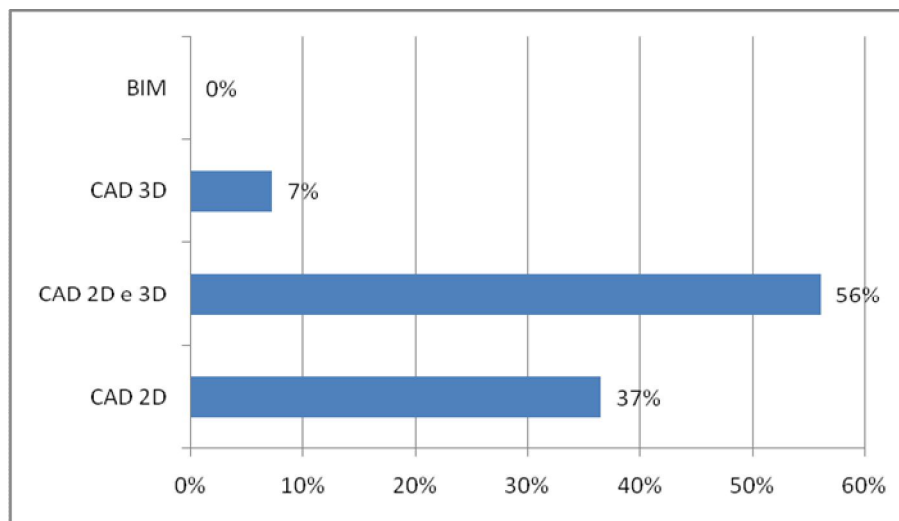


Figura 3.2.10 - Sistema usado no desenvolvimento de projeto

Quando perguntado sobre os sistemas usados para modelagem dos projetos, 56% afirmaram desenvolver seus projetos em 2D e 3D, 37% dos profissionais afirmaram usar 2D e 7% afirmaram desenvolver seus projetos em 3D. Os resultados mostraram que nenhum dos entrevistados respondeu sobre o uso da BIM em seus projetos, apesar de usarem software que utilizam esta tecnologia, o que mostra desconhecimento sobre esta terminologia.

Outro ponto importante é o fato de 97% dos profissionais executarem seus projetos no método sequencial, e apenas 3% afirmaram trabalharem no arranjo simultâneo de desenvolvimento de projetos, conforme a Figura 3.2.11.

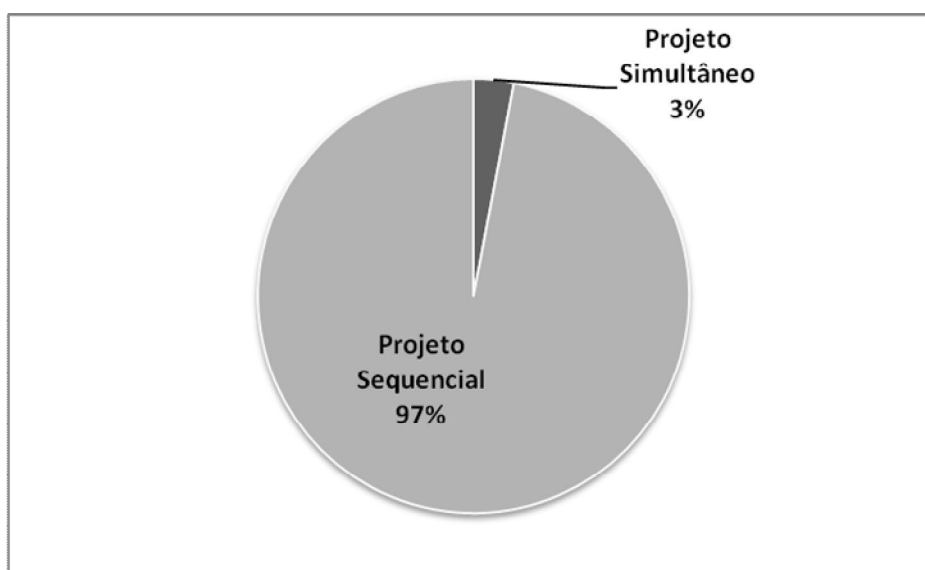


Figura 3.2.11 - Arranjo usual no desenvolvimento de projeto

3.2.6 Da Compatibilização de Projetos

A pesquisa traça um perfil das experiências dos profissionais, os principais problemas relacionados à compatibilização de projetos e o nível de conhecimento sobre desperdícios decorrentes das incompatibilidades de projetos. Os resultados são apresentados nas figuras a seguir.

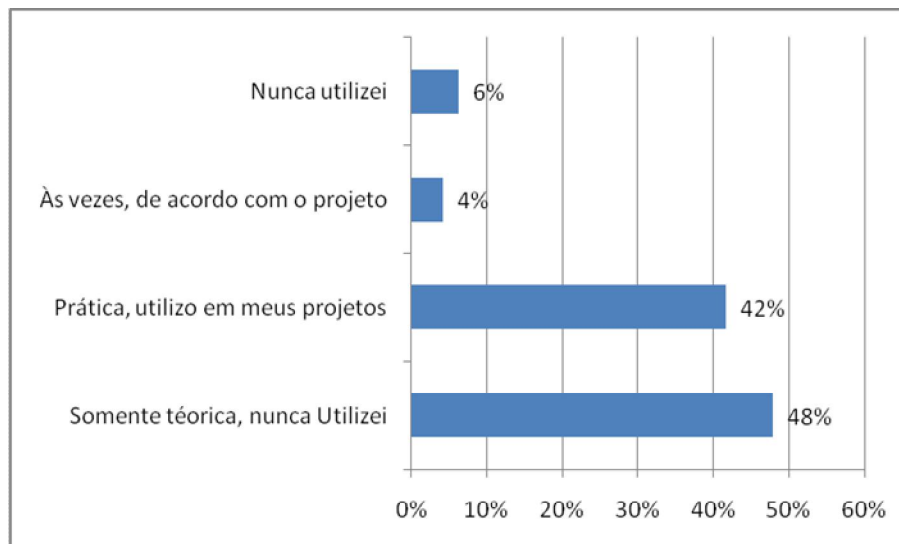


Figura 3.2.12 - Experiência dos profissionais sobre compatibilização de projeto

As experiências dos entrevistados mostram que 48% afirmaram ter somente conhecimento teórico, 42% afirmaram praticarem em seus projetos sem conhecimentos teóricos, 4% afirmaram que utilizam às vezes de acordo com o projeto e 6% afirmaram nunca terem realizado compatibilização de projetos, (Figura 3.2.12).

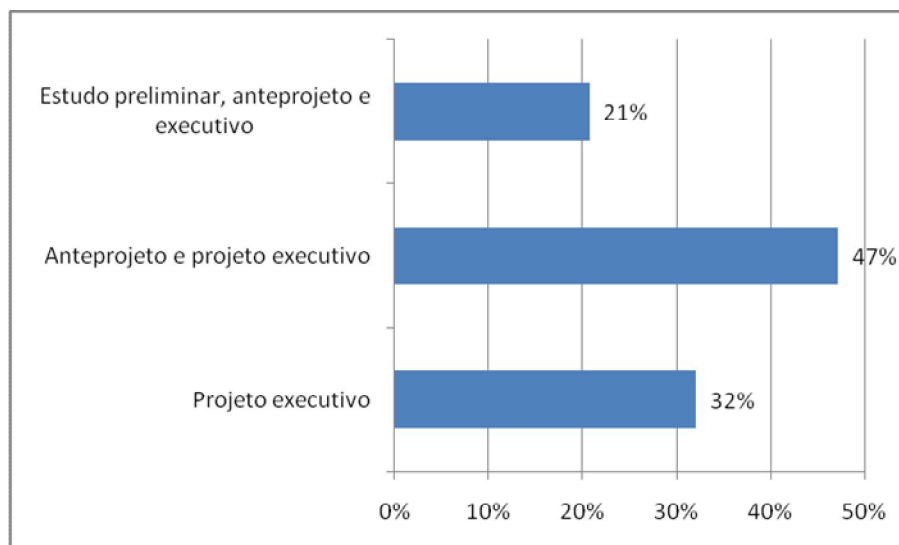


Figura 3.2.13 - Etapa do projeto em que é realizada a compatibilização de projetos

Quando inquirido em que fase deve ser realizada a compatibilização de projeto, 47% dos entrevistados acham que a compatibilização deva ser realizada na fase de anteprojeto e projeto executivo, 32% acham que deva ser na fase de projeto executivo e 21% definiram uma abrangência

maior para a compatibilização de projeto, quando afirmaram que a compatibilização deva ser realizada na fase de estudo preliminar, anteprojeto e projeto executivo, conforme a Figura 3.2.13. Quanto ao responsável pela compatibilização de projeto, os dados apontam que 54% dos entrevistados acham que deva ser o arquiteto, 29% apontaram o projetista dos projetos complementares e 17% ficaram com o coordenador de projeto, (Figura 3.2.14).

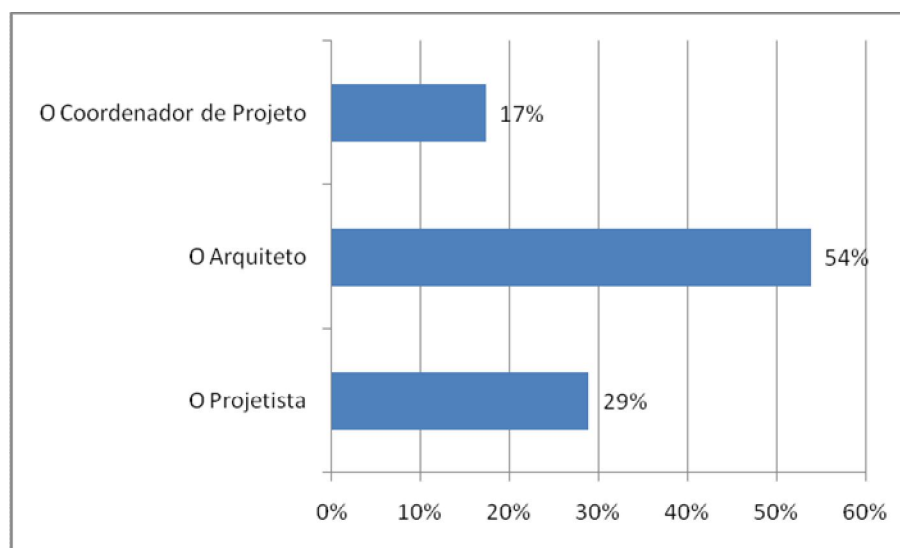


Figura 3.2.14 - Afirmação quanto ao responsável pela compatibilização de projeto

No tocante ao conhecimento sobre os problemas ocorridos nas obras por não ter sido feita a compatibilização dos projetos, 91% dos profissionais afirmaram terem conhecimentos sobre a ocorrência destes fatos (Figura 3.2.15), contudo, 94% dos profissionais afirmaram não terem percentuais ou dados numéricos sobre o desperdício de material decorrente das incompatibilidades de projetos, conforme descreve a Figura 3.2.16.

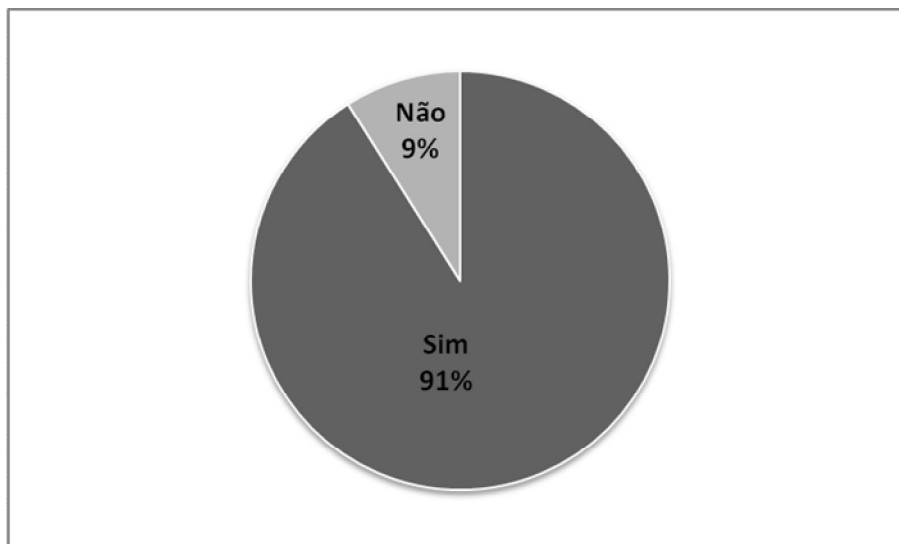


Figura 3.2.15 - Afirmação sobre o conhecimento de problemas nas obras por não ter sido feita a compatibilização de projeto

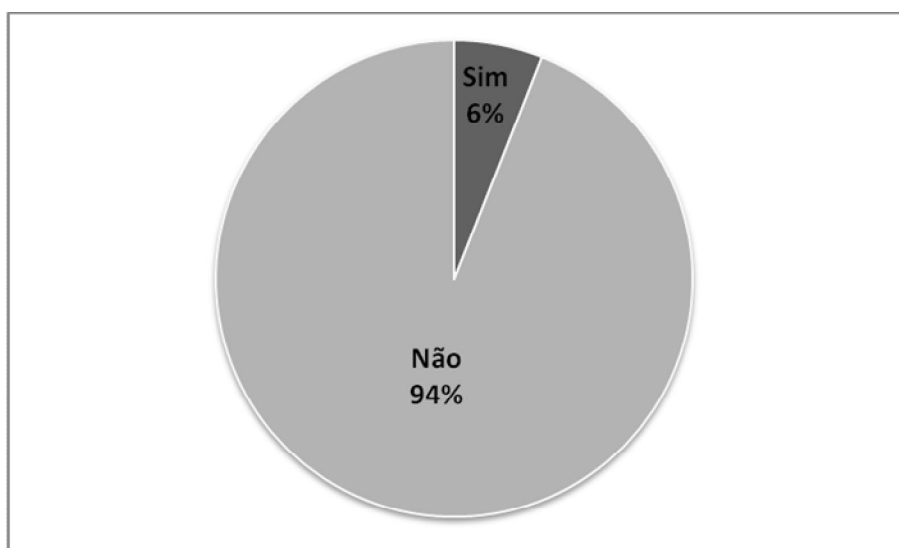


Figura 3.2.16 - Conhecimento sobre dados e o percentual de desperdício em conseqüências da falta de compatibilização de projeto

Este desconhecimento mostrado na Figura 3.2.16, representa uma das principais barreiras contra a prática da compatibilização de projeto. Os resultados do questionário mostram que a maioria dos profissionais não tem conhecimento sobre o desperdício de material ou recursos de mão de obra. É pouco provável que o mercado da construção civil, esteja motivado a investir em elementos para maior eficiência em compatibilização de projeto, se não houver estudos que comprovem a vantagem financeira que justifique estes investimentos. Porém os dados da Figura 3.2.17, mostram que 51% dos entrevistados apontam a questão cultural, expressa pela a prática do projeto seqüencial como o principal

empecilho para a compatibilização de projeto, seguindo de 21% para curto prazo na elaboração dos projetos, 17% para treinamento em engenharia simultânea e 11% apontaram os problemas no sistema de informações.

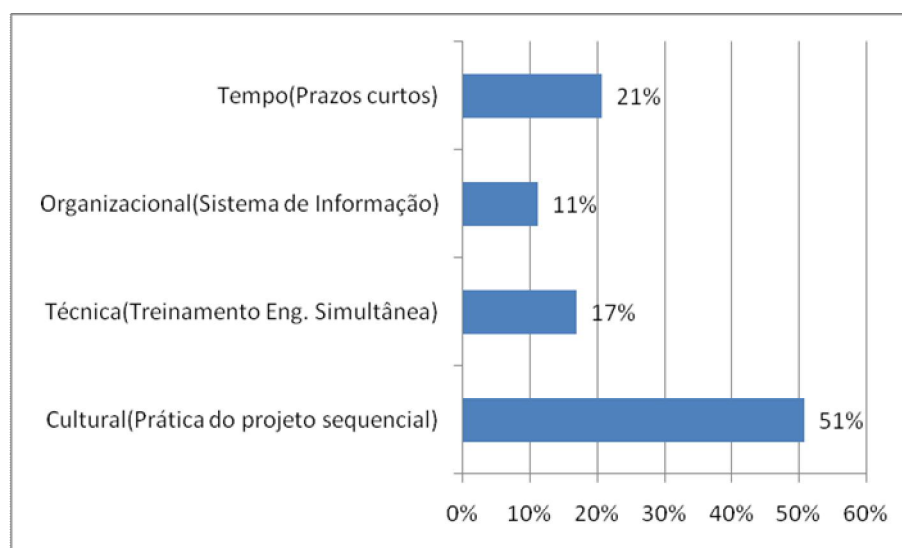


Figura 3.2.17 - Empecilhos para a compatibilização de projetos

3.3 ESTUDO DE CASO

3.3.1 Caracterização

Com o objetivo de realizar análise sobre a compatibilização de projetos, utilizou-se uma obra em fase de execução. Esta obra está localizada no centro de Petrolina (PE) e encontra-se, atualmente, o empreendimento em fase de execução do acabamento externo.

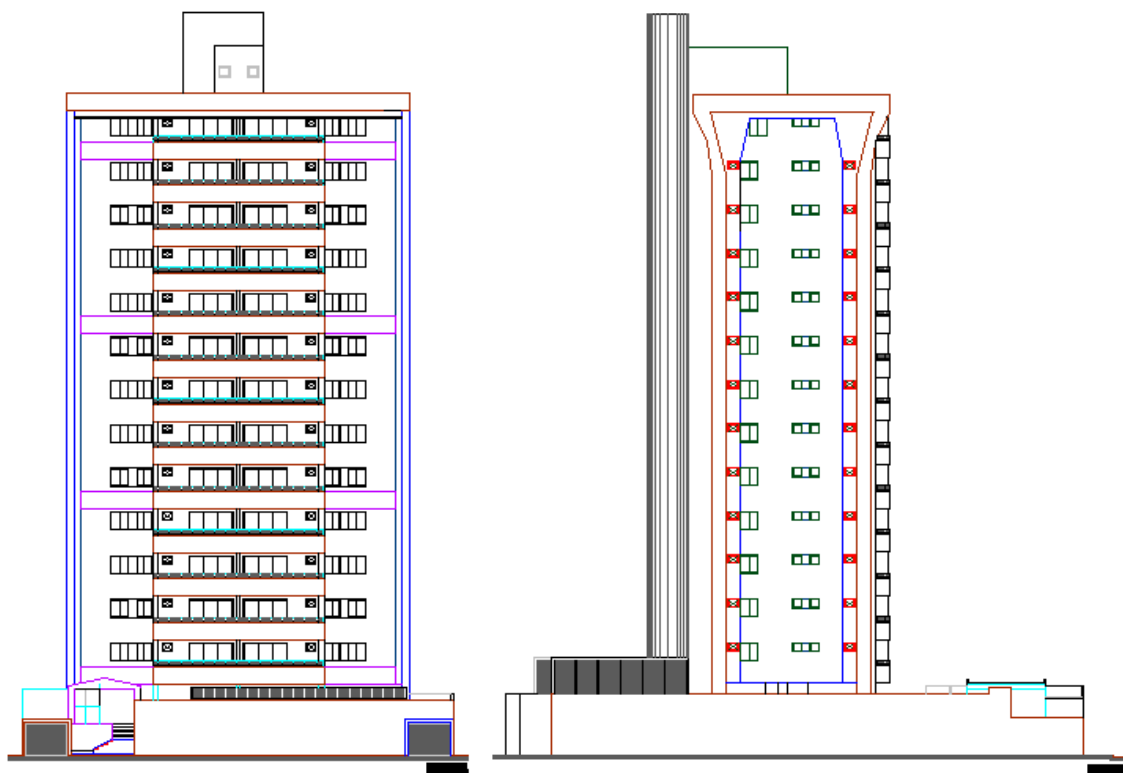


Figura 3.3.1-Elevação - Fachada Frontal e Fachada Lateral Esquerda

A edificação de finalidade residencial, com uma área de aproximadamente 3.930,36 m², abrangendo 01 garagem, 01 play ground e 13 lajes distribuídas em 02 apartamentos por andar (Figura 3.3.1). A estrutura é de concreto armado constituída de sapatas isoladas, pilares, vigas, lajes nervuradas, alvenaria de vedação externa com blocos cerâmicos revestidos com cerâmica 10x10cm e alvenaria interna de blocos cerâmicos revestidos com gesso. As demais instalações e acabamentos seguem padrão de uso corrente.

3.3.2 Gestão e Tecnologia da Informação

O desenvolvimento do projeto e uso da tecnologia da informação foi utilizado conforme o quadro abaixo.

Quadro 3.3.1 - Caracterizações dos projetos quanto ao desenvolvimento e tecnologias da informação

Desenvolvimento dos projetos	Arranjo Sequencial
Diretrizes	Definidas pelo condomínio
Troca de Informações	E-mail/Arquivos Eletrônicos
Modelagem e Dimensionamento	Projeto de Arquitetura: Manualmente/2D Projeto Estrutural: Software CAD/TQS Projeto Elétrico: Lumine V4 Projeto Hidrossanitário: AutoCAD/TigreCAD
Detalhamento	Projeto de Arquitetura: AutoCAD/2D Projeto Estrutural: Software CAD/TQS Projeto Elétrico: Lumine V4 Projeto Hidrossanitário: AutoCAD/TigreCAD
Portal Colaborativo (Extranet)	Não foi utilizado
Compatibilização das IF's	Não houve

O processo de desenvolvimento dos projetos foi realizado de maneira sequencial, onde o empreendedor contratou um escritório de arquitetura na cidade Petrolina-PE, que desenvolveu o projeto isoladamente e serviu de base para os demais projetos complementares. O projeto de estrutura foi desenvolvido em Salvador-BA e os projetos de instalações hidrossanitárias e instalações elétricas em Recife-PE, criando uma situação de dissociação temporal e espacial. O projeto digital de arquitetura foi distribuído entre os projetistas por meio eletrônico, não sendo utilizado portal colaborativo, como também não foram realizadas a análise das interferências físicas entre os projetos.

O projeto de arquitetura foi desenvolvido com auxílio do software AutoCAD com modelagem da arquitetura manualmente em 2D. O projeto estrutural foi desenvolvido com auxílio do software CAD/TQS com modelagem da estrutura em 2D/3D. O lançamento dos elementos estruturais teve como base o projeto de arquitetura e foram importados no plano 2D com arquivos de extensão dwg. O projeto elétrico foi desenvolvido com auxílio do software Lumine com modelagem dos elementos em 2D/3D. O lançamento dos elementos das

instalações teve como base o projeto de arquitetura, importados no plano 2D com arquivos de extensão dwg. O projeto hidrossanitário foi desenvolvido com auxílio do software AutoCAD/TigreCAD, com modelagem em 2D. O lançamento dos elementos das instalações hidrossanitárias teve como base o projeto de arquitetura, importados no plano 2D com arquivos de extensão dwg.

3.3.3 Conformidade de Projeto

Para análise da conformidade da representação gráfica dos projetos foram analisados quatro (04) arquivos separadamente, o projeto de arquitetura, o projeto estrutural, o projeto elétrico e o projeto hidrossanitário, todos do pavimento tipo. Os projetos foram analisados quanto à padronização de escalas, *layers* e linhas, conforme os Quadros 3.3.2 e 3.3.3

Quadro 3.3.2 - Conformidade dos projetos-Escalas e Layers

Projeto	Escala de Plotagem	Escala do Desenho	Quantidade de Layer	Padronização das Layers
Arquitetura	1000=1	1/50	38	Particular
Estrutural	1000=50	1/50	65	Software
Elétrico	1000=1	1/50	55	Software
Hidrossanitário	1000=1	1/50	25	Software

Todos os projetos apresentaram conformidade quanto à escala dos desenhos impressos, contudo apresentaram divergências nas escalas de plotagem. Os projetos de arquitetura, elétricos e hidrossanitários foram compatíveis entre si, apresentando uma escala de 1000 para 1. O projeto de estrutura apresentou uma escala de plotagem de 1000 para 50. As *layers* apresentaram uma diversidade grande, variando de 25 a 65 *layers* por projetos, sem nenhuma padronização compatível.

Quadro 3.3.3 - Conformidade dos projetos - Cores e espessuras das linhas

Cor da Linha	Arquitetura	Estrutural	Elétrico	Hidrossanitário
Vermelho (1)	Não utilizou	0,15	0,20	0,25
Amarelo (2)	0,25	0,15	0,08	0,15
Verde (3)	Não utilizou	0,30	0,25	0,20
Cyan (4)	0,35	0,40	0,20	0,20
Azul (5)	0,55	0,50	0,30	0,20
Magenta (6)	0,40	0,60	0,10	0,10
Branco (7)	0,15	0,70	0,20	0,20
Cinza 8 (8)	0,10	0,20	Não utilizou	Não utilizou
Cinza 9 (9)	0,10	0,10	0,08	0,15

As padronizações das linhas não apresentaram conformidade entre si. Até nos projetos realizados pela mesma empresa, no caso o projeto elétrico e hidrossanitário, as configurações das linhas não estavam totalmente em conformidade entre si.

Observa-se que os programas trazem um conjunto de recursos de tipos de linhas, cores de linhas, espessuras, hachuras, textos, todos com configurações preestabelecidas, que quando aceitas pelos projetistas acabam por representar diferentes padronizações, criando um sistema de representação própria. Não há uma preocupação com a comunicação e conformidade gráfica dos projetos. Embora possa parecer insignificante, a não utilização de padronização ou uso de padronização pessoal é uma importante dificuldade para o compatibilizador, especialmente para os que não estão familiarizados com os sistemas de padronização das interfaces dos projetos, levando-os a dificuldades de interpretações na compatibilização dos mesmos.

3.3.4 Análises dos Projetos

Na análise das incompatibilidades dos projetos, verificaram-se as incompatibilidades físicas e funcionais entre os projetos de arquitetura, estrutural, elétrico e hidrossanitário, através dos elementos conflitantes. A verificação das incompatibilidades no estudo de caso foi realizada a partir da superposição das plantas baixas dos diversos projetos no plano 2D em função da inexistência de compatibilidade entre os arquivos 3D do projeto de estrutura, elétrico e hidrossanitários com os arquivos 2D do projeto arquitetônico. Como

os projetos tiveram sua representação em 2D, a compatibilização foi realizada através da superposição digital dos projetos em 2D, onde foram feitos os ajustes entre as diversas plantas baixas. Os arquivos recebidos foram corrigidos para a mesma unidade de medida e para o mesmo referencial global ajustando em X=0, Y=0 e mantendo também Z=0.

3.3.5 Compatibilização entre o Projeto de Arquitetura e o Projeto de Estrutura

As incompatibilidades dos projetos de arquitetura e de estrutura foram verificadas nos pavimentos play ground e no pavimento tipo, através da superposição das plantas baixas e formas da laje dos pavimentos, (Apêndice B). Para a superposição digital dos projetos utilizou-se o software AutoCAD com as seguintes layers ativadas: as *layers* das paredes, esquadrias, equipamentos e projeções no projeto arquitetônico e as *layers* dos pilares, das vigas e da laje nervurada no projeto estrutural. As demais *layers* foram mantidas ocultas com objetivo de facilitar a análise da compatibilização.

3.3.5.1 Análise do Pavimento Play Ground

Através da verificação de incompatibilidades entre os elementos do projeto de arquitetura e do projeto estrutura do pavimento play ground, realizou-se uma análise das interferências físicas e funcionais através dos elementos conflitantes, conforme descrito no Quadro 3.3.4

Quadro 3.3.4 - Análise de incompatibilidade - Arquitetura x Estrutura - Pavimento play ground

Elementos da Estrutura	Elementos da Arquitetura	Interferências Física/Funcional (Falha)	Causa	Efeito
Pilar	Paredes	Compatível	-	-
	Esquadrias	Compatível	-	-
	Escada	Pilar invadindo a largura da Escada	Não observância da largura da escada	a) Diminuição do espaço para circulação da escada. b) Aumento do trabalho e de material devido o recorte do revestimento do piso e espelho.
	Elevador	Compatível	-	-

Viga	Paredes	Largura da Viga 102 (17x60 cm) incompatível com espessura da parede	Não observância da espessura da alvenaria de vedação	a)Saliência da viga em relação à parede.(Visão estética) b)Aumento do custo do serviço de revestimento.
	Esquadrias	Compatível	-	-
	Escada	Compatível	-	-
	Elevador	Compatível	-	-
Laje	Laje de piso	Altura da laje da estrutura (23cm) incompatível com a altura da laje da arquitetura(20 e 15 cm)	Não observância da altura das lajes	a)Não observou-se efeitos significativos
	Shaft	Falta de dimensionamento do shaft na laje	Não observância do shaft sugerida pelo arquiteto	a)Detalhes insuficientes b)Medidas a serem tomadas na obra.
	Elevador	Compatível	-	-
	Escada	Compatível	-	-

No Quadro 3.3.4 pode-se observar as incompatibilidades dos elementos conflitantes através de uma análise direta entre os elementos da estrutura (pilares, vigas e lajes) e os elementos da arquitetura (paredes, esquadrias e circulações verticais). Os pilares P1, P2 e P3 foram locados com saliência de 15 cm para a parte interna na escada, diminuindo a largura nos dois lances da escada, passando de 115 cm para 100 cm, (Figura 3.3.2). Verifica-se a não observância da espessura da alvenaria de vedação com espessura da viga provocando uma saliência da viga 102 (17x60cm) entre os P1 e P2, com efeito de uma visão estética negativa e aumento do custo do serviço de revestimento.

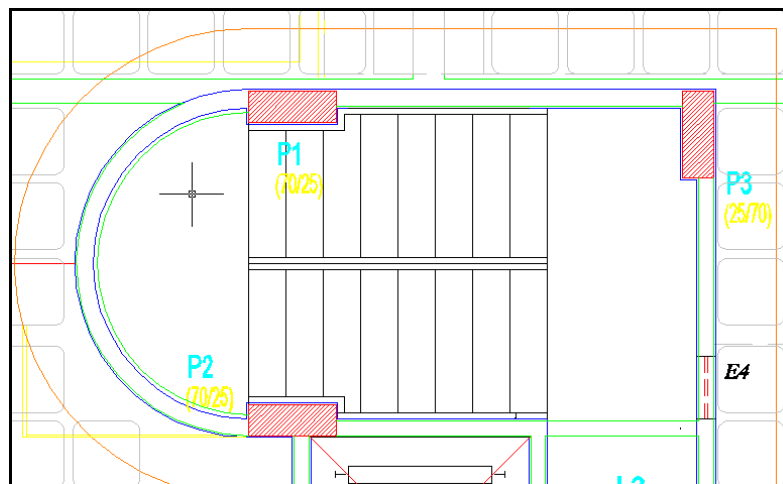


Figura 3.3.2 - Pilar invadindo a escada e saliência da viga entre P1 e P2 (Pav. Ground)

No piso do play ground observa-se a incompatibilidade entre a altura das lajes da planta de arquitetura que estão definidas com 20 e 15 cm de altura e no projeto de estrutura definidas com 32 cm, contudo sem efeitos negativos significativos, devido à altura do pé-direto ser suficiente para suportar esta alteração. Observa-se também, a falta de dimensionamento e a não observância do shaft na laje. Verifica-se que o projeto de estrutura não posicionou o shaft em local sugerido pelo arquiteto (Figura 3.3.3), deixando os detalhes insuficientes e a decisão quanto à localização do shaft para a etapa de execução.

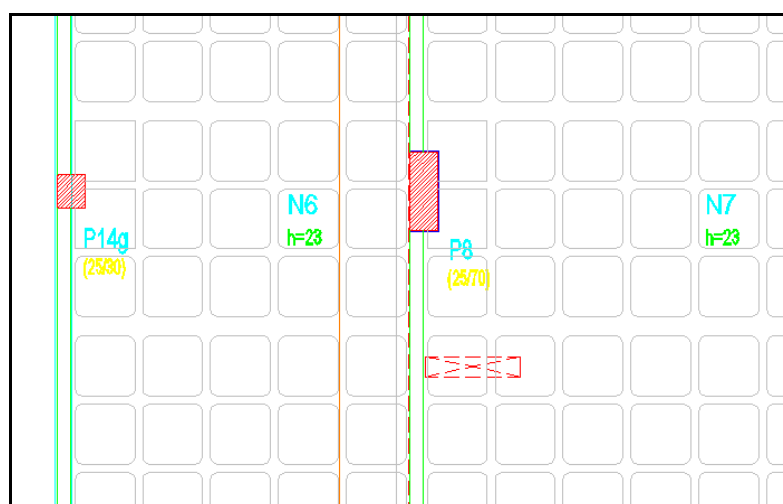


Figura 3.3.3 - Falta de dimensionamento do shaft na laje no pavimento play ground

3.3.5.2 Análise do Pavimento Tipo

Através da verificação de incompatibilidades entre os elementos do projeto de arquitetura e do projeto de estrutura do pavimento tipo, realizou-se uma análise das interferências físicas e funcionais através dos elementos conflitantes, conforme descrito no Quadro 3.3.5.

Quadro 3.3.5 -Análise de incompatibilidade - Arquitetura x Estrutura - Pavimento tipo

Elementos da Estrutura	Elementos da Arquitetura	Interferências Física/Funcional (Falha)	Causa	Efeito
Pilar	Paredes	Compatível	-	-
	Esquadrias	Compatível	-	-
	Escada	Pilar invadindo a largura da Escada	Não observância da largura da escada	a)Diminuição do espaço para Circulação da Escada. b)Aumento do trabalho e de material devido o recorte do revestimento do piso e espelho.
	Elevador	Compatível	-	-
Viga	Paredes	Largura da Viga 216 (18x60cm) e viga 102(17x60cm) incompatível com espessura da parede	Não observância da espessura da alvenaria de vedação	a)Saliência da viga em relação à parede.(Visão estética) b)Aumento do custo do serviço de revestimento.
	Esquadrias	Compatível	-	-
	Escada	Compatível	-	-
	Elevador	Compatível	-	-
Laje	Laje de piso	Altura da laje da estrutura (23cm) incompatível com a altura da laje da arquitetura(20cm)	Não observância da altura das lajes	a)Não observou-se efeitos significativos
	Shaft	Abertura do shaft na laje menor do o previsto na arquitetura	Não observância das dimensões do shaft sugerida pelo arquiteto	a)Dificuldades na passagens dos tubos. b)Possível solução na obra
	Elevador	Compatível	-	-
	Escada	Compatível	-	-

No Quadro 3.3.5, observa-se as incompatibilidades entre os elementos conflitantes através de uma análise direta entre os elementos da estrutura (pilares, vigas e lajes) e os elementos da arquitetura (paredes, esquadrias e circulações verticais). A locação dos pilares P1, P2 e P3 no pavimento tipo seguiram o mesmo padrão do pavimento play ground, onde pilares foram locados com saliência de 15 cm para a parte interna na escada, diminuindo a largura da escada de 115 cm para 100 cm, compreendendo os dois lances da escada, (Figura 3.3.4). Pode-se observar também a não observância da espessura da alvenaria de vedação em relação à espessura da viga, provocando uma saliência da viga 216 (18x60cm) entre os P16 e V 205 e a viga 102 (17x60cm) entre o pilar P1 e P2, com efeito de uma visão estética negativa e aumento do custo do serviço de revestimento.

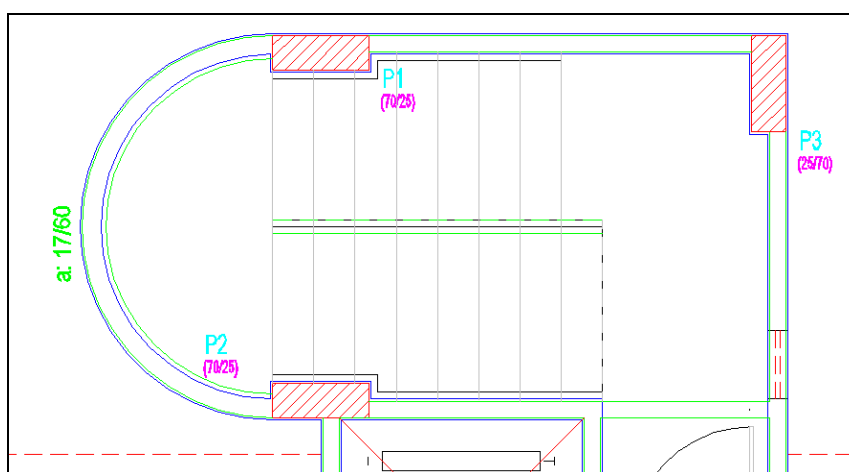


Figura 3.3.4 - Pilar invadindo a escada e saliência da viga entre P1 e P2 (Pavimento Tipo)

No pavimento tipo observa-se a incompatibilidade entre a altura da laje da arquitetura que está definida com 20 cm de altura e no projeto de estrutura definida com 23 cm. Esta incompatibilidade não apresentou efeitos negativos significativos, devido à altura do pé-direito ser suficiente para suportar esta alteração. Observa-se também a incompatibilidade entre as dimensões do shaft previsto no projeto de arquitetura e o projeto de estrutura. No projeto estrutural o shaft está dimensionado com 14,5 x 53,5 cm, enquanto que no projeto de arquitetura o shaft está definido com as dimensões de 18 x 80 cm, conforme mostra a Figura 3.3.5. Neste caso, o projeto de estrutura detalhou o shaft em tamanho menor do que o sugerido pelo o projeto de arquitetura, deixando as possíveis soluções para a fase de execução.

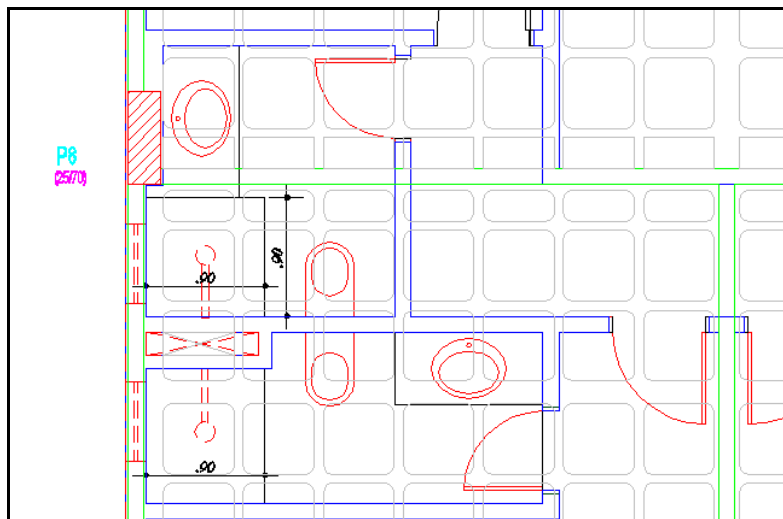


Figura 3.3.5 Incompatibilidade entre shaft da arquitetura e shaft da estrutura

3.3.6 Compatibilização entre o Projeto de Arquitetura e o Projeto Hidrossanitário

As incompatibilidades entre os projetos de arquitetura e o projeto hidrossanitário foram verificadas nos pavimentos play ground e no pavimento tipo, através da superposição das plantas baixas da arquitetura e planta das instalações hidrossanitárias, (Apêndice C). Para a superposição digital dos projetos utilizou-se o software AutoCAD com as seguintes layers ativadas: as *layers* das paredes, das esquadrias, dos equipamentos e projeções no projeto de arquitetura e as *layers* de água fria, esgoto e tubos de quedas no projeto hidrossanitário. As demais *layers* foram mantidas ocultas com objetivo de facilitar a análise da compatibilização.

3.3.6.1 Análise do Pavimento Play Ground

Através da verificação de incompatibilidades entre os elementos do projeto de arquitetura e do projeto hidrossanitário do pavimento play ground, realizou-se uma análise das interferências físicas e funcionais, através dos elementos conflitantes, conforme descrito no Quadro 3.3.6.

Quadro 3.3.6 - Análise de incompatibilidade - Arquitetura x Hidrossanitário - Pavimento play ground

Elementos da Arquitetura	Elementos das Inst. Hidrossanitárias	Interferências Física/Funcional (Falha)	Causa	Efeito
Parede	Água Fria	Compatível	-	-
	Esgoto	Compatível	-	-
	Coluna de Ventilação	Compatível	-	-
	Coluna de Esgoto	Compatível	-	-
Esquadrias	Água Fria	Compatível	-	-
	Esgoto	Compatível	-	-
	Coluna de Ventilação	Compatível	-	-
	Coluna de Esgoto	Compatível	-	-
Shafts/Circ. Vertical	Água Fria	Compatível	-	-
	Esgoto	Compatível	-	-
	Coluna de Ventilação	Não utilização do shaft no local indicado na arquitetura	-Não observância das dimensões do shaft sugerida pelo arquiteto	a)Aumento do custo do serviço para abertura de furos não prevista.
	Coluna de Esgoto	Não utilização do shaft no local indicado na arquitetura	-Não observância das dimensões do shaft sugerida pelo arquiteto	a)Aumento do custo do serviço para abertura de furos não previstos

No Quadro 3.3.6 pode-se observar as incompatibilidades entre os elementos conflitantes através de uma análise direta entre os elementos da arquitetura (paredes, esquadrias e shafts/circulações verticais) e os elementos das instalações hidrossanitárias (tubos de água fria, esgotos, colunas de ventilação e de esgotos). Pode-se observar a divergência na localização dos tubos de queda e ventilação, adotado no projeto hidrossanitário e o local do shaft indicado pelo projeto arquitetônico, conforme a Figura 3.3.6, provocando com isso um aumento do custo do serviço para abertura de furos na laje em local não previsto.

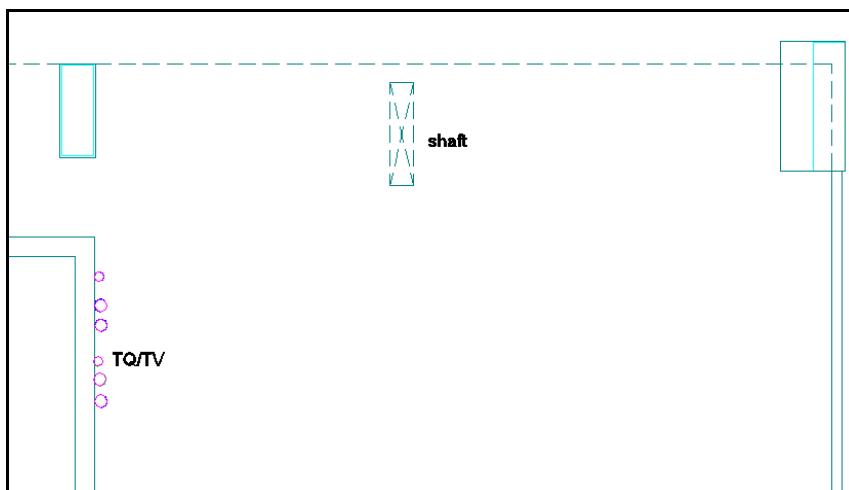


Figura 3.3.6 - Divergência entre shaft da arquitetura e local dos tubos de queda e ventilação

3.3.6.2 Análise do Pavimento Tipo

Através da verificação de incompatibilidades entre os elementos do projeto de arquitetura e do projeto hidrossanitário do pavimento tipo, realizou-se uma análise das interferências físicas e funcionais através dos elementos conflitantes, conforme descrito no Quadro 3.3.7.

Tabela 3.3.7 -Análise de incompatibilidade - Arquitetura x Hidrossanitário - Pavimento tipo

Elementos da Arquitetura	Elementos das Inst. Hidrossanitárias	Interferências Física/Funcional (Falha)	Causa	Efeito
Parede	Água Fria	Compatível	-	-
	Esgoto	Compatível	-	-
	Coluna de Ventilação	Compatível	-	-
	Coluna de Esgoto	Compatível	-	-
Esquadrias	Água Fria	Compatível	-	-
	Esgoto	Compatível	-	-
	Coluna de Ventilação	Compatível	-	-
	Coluna de Esgoto	Compatível	-	-
Shafts/Circ. Vertical	Água Fria	Compatível	-	-
	Esgoto	Compatível	-	-

	Coluna de Ventilação	Compatível	-	-
	Coluna de Esgoto	Compatível	-	-

No Quadro 3.3.7, pode-se observar que não houve divergência significativa, de modo a comprometer a funcionalidade e dificuldade de execução no pavimento tipo.

3.3.7 Compatibilização entre o Projeto de Arquitetura e Projeto Elétrico

As incompatibilidades entre os projetos de arquitetura e o projeto hidrossanitário foram verificadas nos pavimentos play ground e no pavimento tipo, através da superposição das plantas baixas da arquitetura e planta das instalações elétricas, (Apêndice D). Para a superposição digital dos projetos utilizou-se o software AutoCAD com as seguintes layers ativadas: as layers das paredes, das esquadrias, dos equipamentos e projeções no projeto de arquitetura e as layers de iluminação, interruptores, tomadas e eletrodutos no projeto elétrico. As demais layers foram mantidas ocultas com objetivo de facilitar a análise da compatibilização.

3.3.7.1 Análise do Pavimento Play Ground

Através da verificação de incompatibilidades entre os elementos do projeto de arquitetura e do projeto elétrico no pavimento play ground, realizou-se uma análise das interferências físicas e funcionais através dos elementos conflitantes, conforme descrito no Quadro 3.3.8.

Quadro 3.3.8 - Análise de Incompatibilidade - Arquitetura x Hidrossanitário - Pavimento play ground

Elementos da Arquitetura	Elementos das Inst. Hidrossanitárias	Interferências Física/Funcional (Falha)	Causa	Efeito
	Iluminação	Compatível	-	-
Parede	Tomadas	Tomadas com altura média em local que não existe parede	Não observância das paredes sugeridas pelo arquiteto	a)Deslocamento das tomadas para outro local. b)Possível solução na obra
	Interruptores	Compatível	-	-
	Eletrodutos	Compatível	-	-

Esquadrias	Iluminação	Compatível	-	-
	Tomadas	Compatível	-	-
	Interruptores	Interruptor atrás da folha de abertura da porta	Não observância da abertura da porta sugerida pela arquitetura	a)Deslocamento do interruptor para outro local. b)Possível solução na obra
	Eletrodutos	Compatível	-	-
Shafts/Circ. Vertical	Iluminação	Compatível	-	-
	Tomadas	Compatível	-	-
	Interruptores	Compatível	-	-
	Eletrodutos	Compatível	-	-

No Quadro 3.3.8 pode-se observar as incompatibilidades entre os elementos conflitantes através de uma análise direta entre os elementos da arquitetura (paredes, esquadrias e shafts/circulações verticais) e os elementos das instalações elétricas (iluminação, tomadas, interruptores e eletrodutos). Verifica-se o posicionamento de tomadas com altura de 30 cm do piso em local onde não existe parede, conforme a Figura 3.3.7. Fez-se necessário um deslocamento das tomadas para outro local, ficando a solução para ser tomada na obra. Pode-se observar também a não observância da abertura da porta, através do posicionamento do interruptor atrás da folha de abertura da porta, com efeito de funcionalidade negativa, conforme Figura 3.3.8, sendo necessário um deslocamento dos interruptores para outro local.

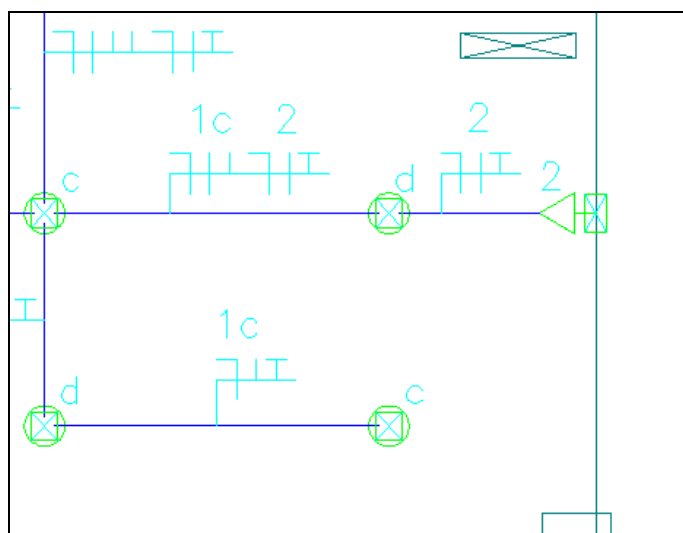


Figura 3.3.7 – Posicionamento de tomadas em locais que não existe parede

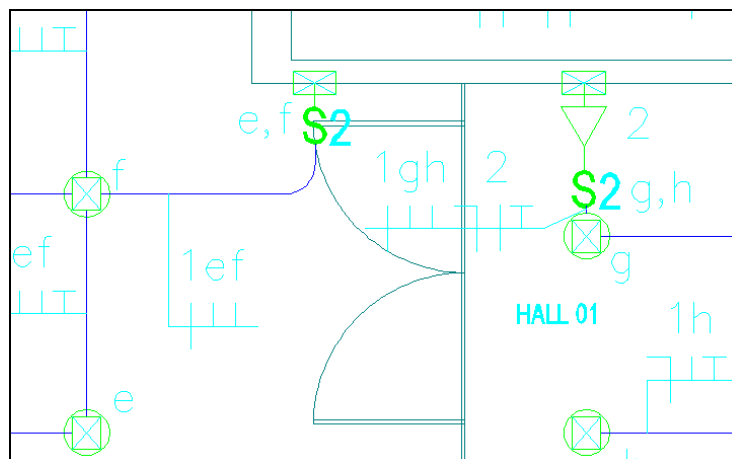


Figura 3.3.8 - Posicionamento de interruptores atrás da folha de abertura da porta

3.3.7.2 Análise do Pavimento Tipo

Através da verificação de incompatibilidades entre os elementos do projeto de arquitetura e do projeto elétrico do pavimento tipo, realizou-se uma análise das interferências físicas e funcionais através dos elementos conflitantes, conforme descrito no Quadro 3.3.9.

Quadro 3.3.9 - Análise de Incompatibilidade - Arquitetura x Elétrico - Pavimento tipo

Elementos da Arquitetura	Elementos das Inst. Hidrossanitárias	Interferências Física/Funciona l (Falha)	Causa	Efeito
Parede	Iluminação	Compatível	-	-
	Tomadas	Compatível	-	-
	Interruptores	Compatível	-	-
	Eletrodutos	Compatível	-	-
Esquadrias	Iluminação	Compatível	-	-
	Tomadas	Compatível	-	-
	Interruptores	Compatível	-	-
	Eletrodutos	Compatível	-	-
Shafts/Circ. Vertical	Iluminação	Compatível	-	-
	Tomadas	Compatível	-	-
	Interruptores	Compatível	-	-
	Eletrodutos	Compatível	-	-

No Quadro 3.3.9, pode-se observar que não houve divergência significativa entre o projeto de arquitetura e o projeto elétrico, de modo a comprometer a funcionalidade e a execução no pavimento tipo.

3.3.8 Compatibilização entre o Projeto de Estrutura e Projeto Hidrossanitário

A verificação das incompatibilidades entre o projeto de estrutura e o projeto hidrossanitário foram realizadas nos pavimentos play ground e tipo, através da superposição das formas da laje e a planta das instalações hidrossanitárias, (Apêndice E). Para a superposição digital dos projetos utilizou-se o software AutoCAD com as seguintes layers ativadas: as *layers* dos pilares, das vigas e da laje nervurada no projeto de estrutura e as *layers* de água fria, esgoto e tubos de queda no projeto hidrossanitário. As demais layers foram mantidas ocultas com objetivo de facilitar a análise da compatibilização.

3.3.8.1 Análise do Pavimento Play Ground

Através da verificação de incompatibilidades entre os elementos do projeto de estrutura e do projeto hidrossanitário do pavimento play ground, realizou-se uma análise das interferências físicas e funcionais através dos elementos conflitantes, conforme descrito no Quadro 3.3.10.

Quadro 3.3.10 -Análise de Incompatibilidade - Estrutura x Hidrossanitário - Pavimento play ground

Elementos da Estrutura	Elementos das Inst. Hidrossanitárias	Interferências Física/Funcional (Falha)	Causa	Efeito
Pilar	Água Fria	Compatível	-	-
	Esgoto	Compatível	-	-
	Coluna de Ventilação	Compatível	-	-
	Coluna de Esgoto	Compatível	-	-
Vigas	Água Fria	Compatível	-	-
	Esgoto	Compatível	-	-
	Coluna de Ventilação	Compatível	-	-

	Coluna de Esgoto	Compatível	-	-
	Água Fria	Compatível	-	-
Laje	Esgoto	Caixa sifonada em conflito com as nervuras da laje	Não observância das nervuras da laje	a)Deslocamento da caixa para outro local. b)Possível solução na obra c)Aumento de custo devido abertura sobre a nervura. d)Dificuldade de execução.
	Coluna de Ventilação	Coluna posicionada em local não previsto pela estrutura	Não observância das aberturas na laje para descida da coluna.	a)Aumento de custo devido abertura sobre a laje. b)Dificuldade de execução.
	Coluna de Esgoto	Coluna posicionada em local não previsto pela estrutura	Não observância das aberturas na laje para descida da coluna.	a)Aumento de custo devido abertura sobre a laje. b)Dificuldade de execução.

No Quadro 3.3.10, pode-se observar as incompatibilidades entre os elementos conflitantes através de uma análise direta entre os elementos da estrutura (pilares, vigas e lajes) e os elementos das instalações hidrassanitárias (água fria, esgoto, colunas de ventilação e esgoto). Verifica-se o conflito do posicionamento das caixas sifonadas com as nervuras das lajes, (Figura 3.3.9). Estas incompatibilidades foram ocasionadas pela não observância das nervuras da laje, que estavam moduladas em 60x60cm e como isso deixando as soluções para fase de execução, como: deslocamento da caixa para outro local ou o aumento de custo devido à abertura sobre a nervura, com dificuldade de execução. Também foi observado que as colunas de ventilação e tubos de quedas de esgoto estavam em locais onde não havia abertura na laje para descida destes referidos tubos, devido a não observância das aberturas na laje indicadas no projeto de estrutura (Figura 3.3.10), ocasionando um aumento de custo devido à necessidade de abertura sobre a laje, dificultando a execução.

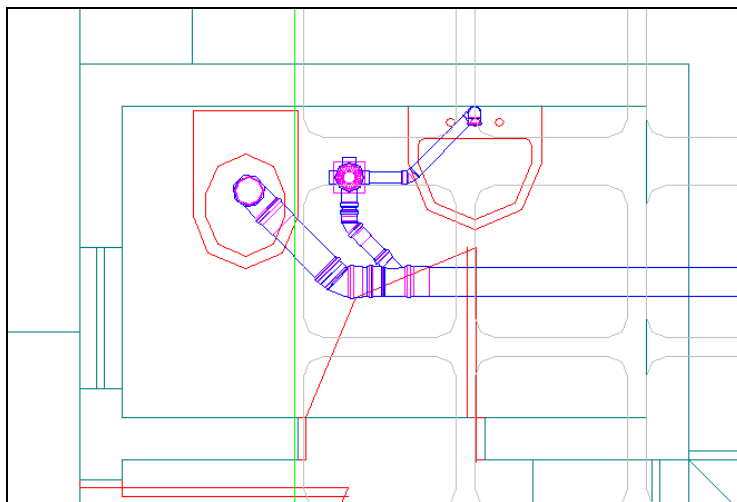


Figura 3.3.9 - Caixa sifonada em conflito com as nervuras da laje

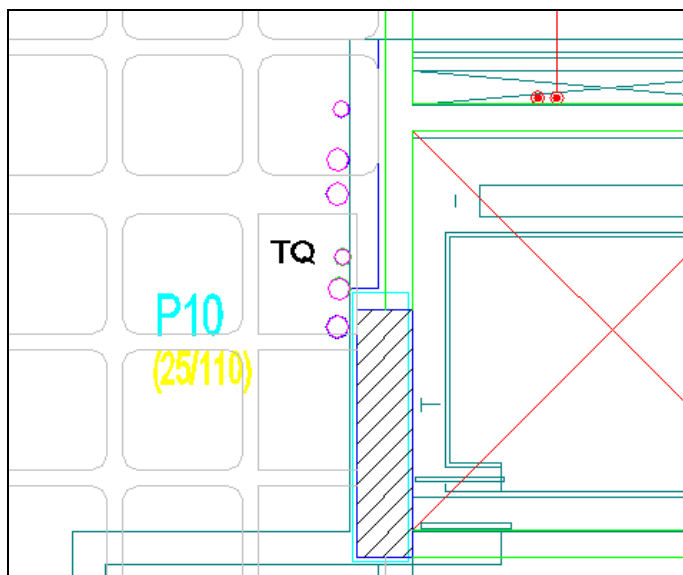


Figura 3.3.10 - Shaft posicionado em local não previsto pelo projeto de estrutura

3.3.8.2 Análise do Pavimento Tipo

Através da verificação de incompatibilidades entre os elementos do projeto de estrutura e do projeto hidrossanitário do pavimento tipo, realizou-se uma análise das interferências físicas e funcionais através dos elementos conflitantes, conforme descrito no Quadro 3.3.11.

Quadro 3.3.11 -Análise de incompatibilidade- Estrutura x Hidrossanitário - Pavimento tipo

Elementos da Estrutura	Elementos das Inst. Hidrossanitárias	Interferências Física/Funcional (Falha)	Causa	Efeito
Pilar	Água Fria	Compatível	-	-
	Esgoto	Compatível	-	-
	Coluna de Ventilação	Compatível	-	-
	Coluna de Esgoto	Compatível	-	-
Vigas	Água Fria	Compatível	-	-
	Esgoto	Descida dos tubos passando por dentro da viga de sustentação da varanda	Não observância das vigas definidas na estrutura	a)Deslocamento do tubo para outro local. b)Possível solução na obra c)Dificuldade de execução.
	Coluna de Ventilação	Compatível	-	-
	Coluna de Esgoto	Compatível	-	-
Laje	Água Fria	Compatível	-	-
	Esgoto	Caixa sifonada em conflito com as nervuras da laje	Não observância das nervuras da laje	a)Deslocamento da caixa para outro local. b)Possível solução na obra c)Aumento de custo devido abertura sobre a nervura. d)Dificuldade de execução.
	Coluna de Ventilação	Coluna posicionada no shaft em local não previsto pela estrutura	Não observância do tamanho do shaft na laje para descida da coluna.	a)Dificuldade de execução.
	Coluna de Esgoto	Coluna posicionada no shaft em local não previsto pela estrutura	Não observância do tamanho do shaft na laje para descida da coluna.	a)Dificuldade de execução.

No Quadro 3.3.11, pode-se observar as incompatibilidades entre os elementos conflitantes através de uma análise direta entre os elementos da estrutura (pilares, vigas e lajes) e os elementos das instalações hidrossanitárias (água fria, esgoto, colunas de ventilação e esgoto). Pode-se observar o posicionamento das caixas sifonadas em conflito com as nervuras das lajes (Figura 3.3.11). Estas incompatibilidades foram ocasionadas pela não observância das nervuras da laje, que estavam moduladas em 60x60cm, deixando as soluções para obra, como: deslocamento da caixa para outro local ou o aumento de custo devido abertura sobre a nervura da laje, com dificuldade de execução. Também foram observados que as colunas de ventilação e tubos de queda de esgoto estavam em local onde não havia abertura na laje para descida destes referidos tubos. Este fato é devido a não observância dos tamanhos das aberturas na laje indicadas no projeto de estrutura, que estavam menores do que a distribuição dos tubos dentro do shaft sugerida no projeto hidrossanitário (Figura 3.3.11). Na figura 3.3.12, observa-se que os tubos que saem do ralo sifonado da varanda, estavam em conflito com a viga de sustentação do balanço da varanda, deixando a possível solução para obra com deslocamento do tubo para outro local e/ou dificuldade de execução.

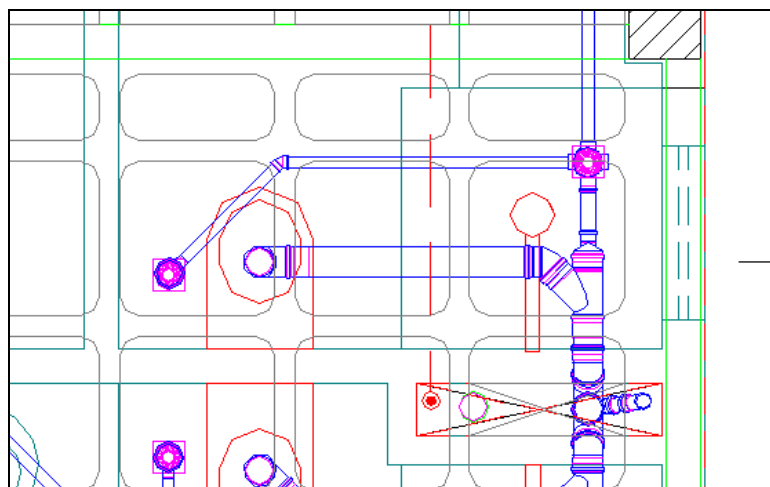


Figura 3.3.11-Caixa sifonada e Coluna de ventilação em conflito com as nervuras da laje

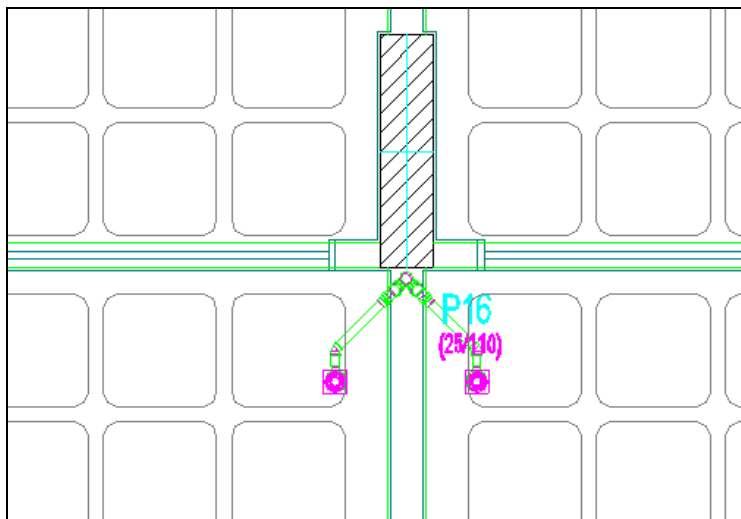


Figura 3.3.12 - Conflito do tubo de esgoto com a viga de balanço da varanda

3.3.9 Compatibilização entre o Projeto de Estrutura e Projeto Elétrico

Foram verificadas as incompatibilidades no projeto estrutural e projeto elétrico nos pavimentos play ground e tipo, através da superposição das formas das lajes e planta baixa das instalações elétricas, (Apêndice F). Para a superposição digital dos projetos utilizou-se o software AutoCAD com as seguintes *layers* ativadas: as *layers* dos pilares, das vigas e da laje nervurada no projeto estrutural e as *layers* de iluminação, interruptores, tomadas e eletrodutos no projeto elétrico. As demais *layers* foram mantidas ocultas com objetivo de facilitar a análise da compatibilização.

3.3.9.1 Análise do Pavimento Play Ground

Através da verificação de incompatibilidades entre os elementos do projeto de estrutura e do projeto elétrico do pavimento play ground, realizou-se uma análise das interferências físicas e funcionais através dos elementos conflitantes, conforme descrito no Quadro 3.3.12.

Tabela 3.3.12 - Análise de incompatibilidade - Estrutural x Elétrico - Pavimento play ground

Elementos da Estrutura	Elementos das Inst. Elétricas	Interferências Física/Funcional (Falha)	Causa	Efeito
Pilar	Iluminação	Compatível	-	-
	Tomadas	Compatível	-	-
	Interruptores	Compatível	-	-
	Eletrodutos	Compatível	-	-
Vigas	Iluminação	Compatível	-	-
	Tomadas	Compatível	-	-
	Interruptores	Compatível	-	-
	Eletrodutos	Compatível	-	-
Laje	Iluminação	Compatível	-	-
	Tomadas	Compatível	-	-
	Interruptores	Compatível	-	-
	Eletrodutos	Compatível	-	-

No Quadro 3.3.12, pode-se observar que não houve divergência significativa entre o projeto de estrutura e o projeto elétrico, de modo a comprometer a funcionalidade e a execução no pavimento play ground.

3.3.9.2 Análise do Pavimento Tipo

Através da verificação de incompatibilidades entre os elementos do projeto de estrutura e do projeto elétrico do pavimento Tipo, realizou-se uma análise das interferências físicas e funcionais através dos elementos conflitantes, conforme descrito no Quadro 3.3.13.

Quadro 3.3.13- Análise de incompatibilidade - Estrutura x Elétrico - Pavimento tipo

Elementos da Estrutura	Elementos das Inst. Elétricas	Interferências Física/Funcional (Falha)	Causa	Efeito
Pilar	Iluminação	Compatível	-	-
	Tomadas	Compatível	-	-
	Interruptores	Compatível	-	-

	Eletrodutos	Compatível	-	-
Vigas	Iluminação	Compatível	-	-
	Tomadas	Compatível	-	-
	Interruptores	Compatível	-	-
	Eletrodutos	Compatível	-	-
Laje	Iluminação	Compatível	-	-
	Tomadas	Compatível	-	-
	Interruptores	Compatível	-	-
	Eletrodutos	Compatível	-	-

No Quadro 3.3.13, também pode-se observar que não houve divergência significativa entre o projeto de estrutura e o projeto elétrico, de modo a comprometer a funcionalidade e a execução no pavimento tipo.

3.3.10 Compatibilização entre o Projeto Hidrossanitário e Projeto Elétrico

A verificação de incompatibilidades no projeto hidrossanitário e projeto elétrico foram realizadas nos pavimentos play ground e tipo, através da superposição planta baixa das instalações hidrossanitárias e planta baixa das instalações elétricas, (Apêndice G). Para a superposição digital dos projetos utilizou-se o software AutoCAD com as seguintes *layers* ativadas: as *layers* de água fria, esgoto e tubos de quedas no projeto hidrossanitário e as *layers* de iluminação, interruptores, tomadas e eletrodutos no projeto elétrico. As demais *layers* mantiveram-se ocultas com objetivo de facilitar a análise da compatibilização.

3.3.10.1 Análise do Pavimento Play Ground

Através da verificação de incompatibilidades entre os elementos do projeto de instalações hidrossanitárias e do projeto elétrico do pavimento play ground, realizou-se uma análise das interferências físicas e funcionais através dos elementos conflitantes, conforme descrito no Quadro 3.3.14.

Quadro 3.3.14-Análise de incompatibilidade – Hidrossanitário x Elétrico - Pavimento play ground

Elementos das Instalações Elétricas	Elementos das Inst. Hidrossanitárias	Interferências Física/Funcional (Falha)	Causa	Efeito
Iluminação	Água Fria	Compatível	-	-
	Esgoto	Pontos de Luz em conflito com os tubos de esgotos	Não observância dos tubos no teto	a)Dificuldade de execução.
	Coluna de Ventilação	Compatível	-	-
	Coluna de Esgoto	Compatível	-	-
Tomadas	Água Fria	Compatível	-	-
	Esgoto	Compatível	-	-
	Coluna de Ventilação	Tomadas posicionada por trás de tubo de ventilação	Não observância dos tubos de queda	a)Dificuldade de execução. b)Possível solução na obra.
	Coluna de Esgoto	Tomadas posicionada por trás de tubo Queda	Não observância dos tubos de queda	a)Dificuldade de execução. b)Possível solução na obra.
Interruptores	Água Fria	Compatível	-	-
	Esgoto	Compatível	-	-
	Coluna de Ventilação	Compatível	-	-
	Coluna de Esgoto	Compatível	-	-
Eletrodutos	Água Fria	Compatível	-	-
	Esgoto	Compatível	-	-
	Coluna de Ventilação	Compatível	-	-
	Coluna de Esgoto	Compatível	-	-

No Quadro 3.3.14, pode-se observar as incompatibilidades entre os elementos conflitantes através de uma análise direta entre os elementos das instalações hidrossanitárias (água fria, esgoto e colunas de ventilação e esgoto) e os elementos das instalações elétricas (iluminação, tomadas, interruptores e eletrodutos). Verifica-se que as tomadas posicionadas no projeto elétrico estão em conflito com as colunas de ventilação e colunas de esgoto, conforme a Figura 3.3.13, ficando as possíveis soluções para a fase de execução. Também os

pontos de luz no teto estão em conflito com tubos de esgoto no teto e com caixas sifonadas, conforme a Figura 3.3.13, colocando as possíveis soluções a critérios da obra devido a não existência de cotas definindo as alturas dos tubos e do ponto de luz.

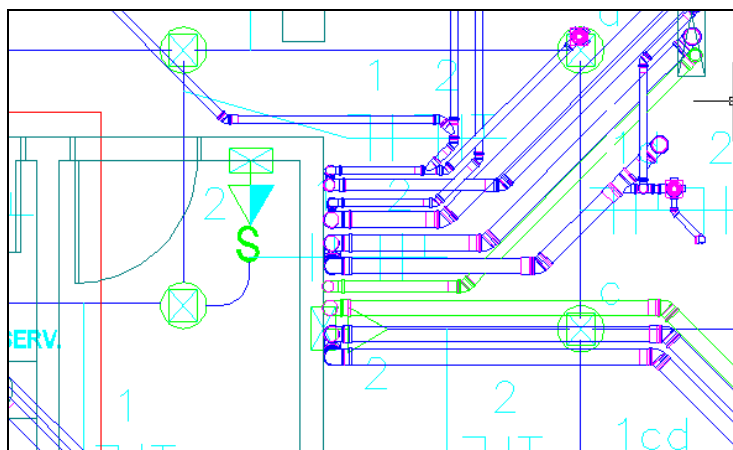


Figura 3.3.13 - Tomadas e pontos de luz em conflito com tubos de queda esgoto/ventilação

3.3.10.2 Análise do Pavimento Tipo

Através da verificação de incompatibilidades entre os elementos do projeto de instalações hidrossanitárias e do projeto elétrico do pavimento tipo, realizou-se uma análise das interferências físicas e funcionais através dos elementos conflitantes, conforme descrito no Quadro 3.3.15.

Quadro 3.3.15 - Análise de incompatibilidade – Hidrossanitário x Elétrico - Pavimento tipo

Elementos das Instalações Elétricas	Elementos das Inst. Hidrossanitárias	Interferências Física/Funcional (Falha)	Causa	Efeito
Iluminação	Água Fria	Compatível	-	-
	Esgoto	Compatível	-	-
	Coluna de Ventilação	Compatível	-	-
	Coluna de Esgoto	Compatível	-	-
Tomadas	Água Fria	Compatível	-	-
	Esgoto	Compatível	-	-

	Coluna de Ventilação	Compatível	-	-
	Coluna de Esgoto	Compatível	-	-
Interruptores	Água Fria	Compatível	-	-
	Esgoto	Compatível	-	-
	Coluna de Ventilação	Compatível	-	-
	Coluna de Esgoto	Compatível	-	-
Eletrodutos	Água Fria	Compatível	-	-
	Esgoto	Compatível	-	-
	Coluna de Ventilação	Compatível	-	-
	Coluna de Esgoto	Compatível	-	-

No Quadro 3.3.15, pode-se observar que não houve divergência significativa entre o projeto de hidrossanitário e o projeto elétrico, de modo a comprometer a funcionalidade e a execução no pavimento tipo.

3.3.11 Problemas construtivos decorrentes das incompatibilidades de projetos

Foram observadas questões relacionadas a problemas na obra decorrentes de indefinições ou deficiências originadas por incompatibilidades de projetos. Estas observações foram realizadas através de visitas à obra durante a etapa de execução. Verificou-se problemas de incompatibilidade entre os elementos da arquitetura, da estrutura, das instalações hidrossanitárias, das instalações elétricas, das instalações de ar-condicionados e outros, que deram origem a modificações, retrabalhos, dificuldades de execução e/ou aplicação de soluções que implicaram em uma clara diminuição da funcionalidade dos edifícios.

3.3.11.1 Falha resultante de incompatibilidade no posicionamento do shaft

Detectou-se um conflito no posicionamento dos tubos de queda, com a locação e posicionamento dos tubos nos projetos não coincidindo com a execução, Figura 3.3.14.



Figura 3.3.14 - Falha no posicionamento dos tubos de queda (A=Antes, B=Depois)

O projetista de instalações hidrossanitárias posicionou os tubos de queda para o lado dos pilares, e por sua vez o projetista da estrutura dimensionou os furos na laje referentes aos shaft seguindo a sugestão da arquitetura. Em decorrência disto, houve um conflito ocasionando a necessidade de abertura de furos na laje (Figura 3.3.14-B) e fechamento de outro, com aumento de retrabalho e perdas de materiais, (Figura 3.3.15).



Figura 3.3.15 - Furo na laje destinado ao Shaft

3.3.11.2 Saliência das vigas em relação às paredes.

Um problema constantemente verificado foi a saliência das vigas e pilares em relação às paredes devido a incompatibilidade da espessura da alvenaria com vigas e pilares, trazendo uma visão estética negativa. Além disso, de acordo com os técnicos e engenheiros, estas saliências não eram aceitas pelo cliente, provocando um aumento do custo de serviço de revestimento para preenchimento das paredes, (Figura 3.3.16).



Figura 3.3.16 - Saliência das vigas em relação às paredes

3.3.11.3 Conflitos entre a estrutura de concreto e as instalações hidrossanitárias

Nos elementos dos projetos de instalações hidrossanitárias e projeto de estrutura observou-se a falta de compatibilidade entre os mesmos. Um problema típico observado foi na locação dos pontos de passagem de tubos e eletrodutos na laje, pois estes não coincidiam com a realidade da execução. Como exemplo, pode-se observar a dificuldades de passagem de tubos nas nervuras da laje e/ou aberturas de furos que não eram utilizados devidos a outras soluções encontradas no decorrer da obra, conforme Figura 3.3.17.



Figura 3.3.17 - Conflito entre a estrutura de concreto e as instalações hidrossanitárias

3.3.11.4 Falha resultante de incompatibilidade das instalações de ar condicionado Split

Observou-se a ausência do projeto de ar condicionado tipo “split”. O projeto de arquitetura inicialmente não previa este tipo de sistema de ar condicionado. Como o sistema “split” requer espaços para instalação de equipamentos internos e externos e infraestrutura elétrica e de tubos, estes itens não estavam previstos na edificação, com isso ocorreram uma série de improvisações durante a obra, provocando aumento de retrabalho e perdas de materiais, conforme as Figuras 3.3.18 e 3.3.19.



Figura 3.3.18 - Tubos dos arcondicionados split descendo junto ao pilar



Figura 3.3.19 - Conflito geométrico entre as diversas instalações

3.3.11.5 Retrabalho resultante de incompatibilidades nas instalações elétricas

Apesar de os projetos de instalações elétricas serem desenvolvidos a partir do projeto de arquitetura, estes apresentaram incompatibilidades entre si. Como exemplo, pôde-se verificar que no projeto de arquitetura os equipamentos elétricos estavam posicionados de um lado do ambiente e no projeto elétrico o ponto elétrico deste fica em outra parede. Outro ponto relevante, é que a obra foi concebida no sistema de condomínio, onde ocorre uma série de modificações solicitadas pelos clientes em cada apartamento, principalmente nas instalações elétricas, ocasionando constantes modificações, provocando aumento de retrabalho e perdas de materiais, conforme a Figura 3.3.20.



Figura 3.3.20 - Mudança nas instalações elétricas

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

4.1 CONCLUSÕES

Esta dissertação permitiu concluir o seguinte:

Observou-se a forte presença, na gestão de projeto, do método sequencial no desenvolvimento de projeto. 97% dos profissionais afirmaram desenvolver o projeto no arranjo sequencial e quando perguntado sobre os empecilhos para a realização da compatibilização de projetos, 51% apontaram a prática do projeto sequencial. Conclui-se que a prática cultural do projeto sequencial aparece como fator negativo no contexto da redução de desperdício decorrente das incompatibilidades de projetos.

Os benefícios da padronização gráfica não são devidamente usados, observa-se que 72% dos profissionais consultam frequentemente as normas técnicas, no entanto, os profissionais que utilizam padrão próprio chegam a 44%, 34% adotam ABNT, 20% padrão dos softwares e apenas 2% utilizam normas da AsBEA. Portanto, conclui-se que há uma diversidade de utilização de normas diferentes, contribuindo de maneira negativa na conformidade de projetos e impondo dificuldades na compatibilização de projetos.

Há inexistência, em grande parte dos escritórios de projetos, da análise de incompatibilidades entre os distintos projetos. Observa-se que 97% dos profissionais afirmaram ter conhecimento dos problemas ocorridos na obra por não ter sido feita a compatibilização dos projetos, entretanto, 94% dos profissionais afirmaram não terem percentuais ou dados numéricos sobre o desperdício de material. Pode-se concluir que os profissionais não têm conhecimento sobre o desperdício de material ou de recursos de mão de obra decorrentes das incompatibilidades de projetos, como também há pouca discussão sobre o impacto do projeto sobre os desperdícios de materiais e retrabalho durante as fases de execução e manutenção.

Observou-se que o uso de *extranets* é insignificante e a comunicação eletrônica entre os projetistas é utilizada apenas para transferências de arquivos eletrônicos CAD. 98% dos profissionais afirmaram não usarem portal colaborativo no desenvolvimento de seus projetos. Portanto, conclui-se que os meios de comunicações não foram totalmente integrados na cultura do desenvolvimento de projeto.

A compatibilização de projeto através da superposição das plantas em 2D tem fortes limitações, principalmente entre as interfaces dos projetos hidrossanitários e projetos elétricos, devido à dificuldade de visualização de tubos e eletrodutos, fazendo com que sejam detectadas apenas aquelas incompatibilidades mais evidentes.

A solução dos conflitos no desenvolvimento dos projetos (concepção em 2D e 3D) é essencial para reduzir erros e incompatibilidades. A contratação de projetistas com uso de diferentes softwares e diversas linguagens e métodos (2D e 3D) no desenvolvimento de projeto dificulta a compatibilização do projeto.

Observou-se que não há acompanhamento na obra sobre os custos e percentuais de desperdícios de materiais decorrentes de incompatibilidades dos projetos, através de documentos e outros instrumentos, gerando dificuldades em apontar as causas dos RCD na obra.

É insuficiente o nível de envolvimento dos projetistas com questões relativas à discriminação de materiais e soluções técnico-construtivas para solução das incompatibilidades durante a obra, cabendo na maioria das vezes para a os profissionais da obra.

Observou-se que a execução da obra teve início com seus projetos em fase de desenvolvimento e com modificações solicitadas pelo o cliente. Sendo assim, os processos de coordenação e compatibilização acabaram sendo comprometidos, provocando com isso, diversos problemas construtivos resultante das incompatibilidades durante a obra

Observou-se que existem ainda deficiências na modelagem e na integração no sistema CAD. 56% afirmaram desenvolverem seus projetos em 2D e 3D, 37% em 2D e somente 7% em 3D e nenhum profissional afirmou usarem BIM. Isso requer necessariamente a resolução de problemas estruturais, como a padronização de especificações, terminologias e a normatização para integração entre os diversos softwares.

A padronização gráfica realizada no estudo de caso analisado, não se encontrava em conformidade entre as interfaces dos diversos projetos do edifício. Observa-se que os programas trazem um conjunto de recursos de tipos de linhas, cor de linhas, espessuras, hachuras, textos, todos com configurações próprias, que quando aceita pelos projetistas acabam por representarem diferentes padronizações, impondo dificuldades no processo de compatibilização dos projetos.

A pesquisa indicou também a necessidade de uma ampla discussão no sentido de desenvolver um modelo que possa integrar o conhecimento e a experiência do processo de construção e manutenção ao processo do desenvolvimento de projeto, com objetivo de

indicar com clareza os desperdícios na construção civil decorrente de falha do projeto.

A ocorrência de alterações de projetos durante o curso da obra é citada em todos os casos como algo “normal” pelos técnicos, engenheiros e mestre de obra, um mal inevitável.

As conclusões apresentadas neste trabalho mostraram um diagnóstico sobre o processo de desenvolvimento e compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares, caminhando no sentido de promover uma reflexão sobre uma série de questões relevantes com ênfase na diminuição do desperdício na construção civil. Ao pesquisar sobre a compatibilidade de projeto, buscou-se uma avaliação clara, que possibilitou a revelação de uma série de empecilhos endógenos e exógenos no processo do projeto.

4.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento desta pesquisa permite que sejam propostas sugestões para novos estudos relativos à compatibilização de projeto, conforme citados a seguir:

- Estudar as incompatibilidades de projetos e analisar os custos das possíveis intervenções, comparando-os com o custo total da obra;
- Estudar os impactos do desenvolvimento do projeto, levando em conta aspectos como: uso, manutenção e desconstrução de edifícios de múltiplos andares;
- Estudar o uso dos sistemas CAD e Tecnologia da Informação na solução de barreiras temporais e espaciais no processo de compatibilização de projetos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, V. “Número do Desperdício.” *Téchne*, 2001: 53.

ANDRESEN, J. et al. *A Framework for measuring IT innovation benefits. Itcon – Electronic Journal of Information Technology in Construction*, v.5, 2000. Disponível em: <<http://www.itcon.org/2000/4/paper.pdf>>. Acesso em: 10 Junho 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.531**. Elaboração de Projetos de Edificações – Atividades Técnicas. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**. Manutenção de Edificações – Procedimentos: Atividades Técnicas. Rio de Janeiro, 1999.

BARROS, M.M.S.B.; MELHADO, S.B. *Racionalização do projeto de edifícios construídos pelo processo tradicional*. São Paulo, 1993. /Seminário apresentado no curso de pós-graduação da EPUSP.

BARROS, Mércia M. S. Bottura. *Implantação de Tecnologias Construtivas Racionalizadas no Processo de Produção de Edifícios – Proposição de um Plano de Ação*. USP, São Paulo. 1997.

BJORK, B.C. *Information Technology in construction: domain definition and research issues*, International Journal of Computer Integrated Design and Construction, SETO, Vol 1, London, May, 1999.

BORDIN, L. *Caracterização do processo e modelagem das atividades geradoras de informações no desenvolvimento de projetos de edifícios residenciais multifamiliares*. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

BRANCO, L. A. *Uma análise dos impactos da certificação de qualidade em empresas de construção civil na perspectiva da construção enxuta*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia, Belo Horizonte, 2004.

CALLEGARI, S. *Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares*. Dissertação - Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

CASTRO, E.M.C. *Patologia dos Edifícios em Estrutura Metálica*. Dissertação(Mestrado). Universidade de Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 1999.

CHEN, S.E.; MCGEORGE, W.D. “A systems approach to managing buildability.” The Australian Institute of Building. Paper 5: Australia, 1994.

CIRIA (*Construction Industry Research and Information Association*) *Buildability: an assessment*. CIRIA, London, 1983.

CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. *Constructability: a primer*. 2.ed. Austin, 1987. (CII publication, n. 3-1)

CORRÊA, C. V. *A aplicação da engenharia simultânea na dinâmica de elaboração e implantação de projetos para produção de alvenaria de vedação na construção civil*. São Paulo: Dissertação. Engenharia de Produção. Universidade de Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2006.

CORRÊA, R. M. *Integração de Projetos de Estrutura e Arquitetura de Edifícios Ensinados Através do Auxílio Computacional*. (Artigo). Engenharia de Produção. COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006

CRAVEN, D. J., OKRAGLIK, H. M, EILENBERG, I. M. Construction Waste and a New Design Methodology. *Sustainable Construction*, Proceedings of the First International Conference of CIB TG 16, 1994.

CROWTHER, P. *Design for buildability and the deconstruction consequences*. Queensland University of Technology, Brisbane, Australia, 2002

DAMIAN, P; YAN, H. *Benefits and Barriers of Building Information Modelling*. Department of Civil and Building Engineering, Loughborough University, UK. 2007

DINSMORE, P.C. *Gerência de Programas e Projetos*. São Paulo. PINI, 1992.

DUARTE, T. M. P; SALGADO, M. S. *O Projeto Executivo de Arquitetura como Ferramenta para o Controle da Qualidade na Obra*. Rio de Janeiro, 2002.

FABRICIO, M.M. *Projeto Simultâneo na Construção de edifícios*. Tese. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FEITOSA, A. B; FONTANINI, C. A; SILVA, W. V. Metodologia Lean Construction aplicada no setor de geração transmissão e distribuição de energia na construção de projetos da construção civil. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. ENEGEP 2007. Foz do Iguaçu, PR. 2007.

FERREIRA, R. C. *Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações*. São Paulo: Dissertação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

FERREIRA, S.L. *Da engenharia simultânea ao modelo de informações de construção(BIM): contribuição das ferramentas ao processo de projeto e produção e vice-versa*. Escola Politécnica da USP. São Paulo. 2007

FONTENELLE, E. C. *Estudo de caso sobre a gestão do projeto em empresas de incorporação e construção*. São Paulo: Dissertação. USP, 2002.

FORMOSO, C. *Plano Estratégico para Ciência, Tecnologia e Inovação na área de Tecnologia do Ambiente Construído com ênfase na Construção Habitacional*. Porto Alegre: Associação Nacional do Ambiente Construído, 2002.

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

FRANCO, S. L. *Racionalização Construtiva*. 2009. <http://www.gerenciamento.ufba.br>, acesso em 25 de maio de 2009.

GANAH, A.A.;BOUCHLAGHEM, N. B; ANUMBA, C.J. *Viscon: Computer visualization support for constructability*. PUBLISHED: April 2005 at <http://www.itcon.org/2005/07/>. Acessado em 10 maio 2009.

GRAZIANO, F. P. *Compatibilização de Projetos*. São Paulo: Mestrado(Profissional) IPT, 2003.

GUS, M. *Método para a Concepção de Sistemas de Gerenciamento da Etapa de Projetos da Construção Civil: Um Estudo de Caso*. Dissertação de Mestrado. CPGEC – UFRGS. Julho de 1996.

HAMMARLUND, Y.; JOSEPHSON, P.E. *Qualidade: cada erro tem seu preço*. Trad. De Vera M.C, Fernandes Hachich. Téchné. n.1, 1992.

HELENE, P.R.L. Controle de qualidade na indústria da construção civil. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. *Tecnologia de edificações*. São Paulo, PINI, 1988.

HUGUES, R. *A Survey on the Impact of Information Technology on the Canadian Architecture, Engineering and Construction Industry*. Electronic Journal of Information Technology in Construction, v.5, 2000. Disponível em: <<http://www.itcon.org/2000/3/>>. Acesso em 10 junho 2009.

ISATTO, E. L. *Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na Construção Civil*. Porto Alegre: SEBRAE/ RS, 2000.

KAJEWSKI, S. *Project Team Integration: Communication, Corrdination and Decision Support. Part A: Scoping Studies*. Technical Report 2001-008-C-04, CRC-CI, QUT. 2003.Accessed from <http://eprints.qut.edu.au>, em 25 Agosto 2009.

KANGARI, R.; SADRI, S. Building Constrution Primary TaskModels. In *Project Team Integration: Communication, Coordination and Decision Support. Part A: Scoping Studies*. Technical, 2003. Acessado em <http://eprints.qut.edu.au> , em15 maio 2009.

LANGKEMPER, J; AL-JIBOURI, S; REYMEN, I. *A design process model for implementing constructability in construction*. University of Twente, Department of Construction Process Management,P.O. Box 217, 7500 AE Enschede, The Netherlands.

LEONDES, C. T. *Intelligent Knowledge-Based Systems: Business and Technology in the New Millennium*. USA: Kluwer Academic Publishers, 2005

LOCKHART, S. D.; JOHNSON, C.M. *Engineering design communication: conveying design through graphics*. USA: Prentice-Hall, 2000.

MCGEORGE, D. PALMER , A. *Construction Management - New Directions*. Oxford, Blackwell Science. 1997

MELHADO, S. B. *Coordenação de Projetos de Edificações*. São Paulo. Ed. O Nome da Rosa. 2005.

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

MENDES JR. R; SCHEER, S; ZEN; T. H; PEYERL, F. V. *Estudo comparativo de sistema colaborativo de projeto*. Anais. Tecnologia das Informações e Comunicação na Construção Civil. TIC2005. São Paulo,2005.

MIKALDO, JORGE. *Estudo Comparativo do Processo de Compatibilização de Projetos em 2D e 3D com Uso de TI*. Curitiba: UFPR, 2006.

MOECKEL, A. Modelagem de processos de desenvolvimento em ambiente de engenharia simultânea: implementações com as tecnologias Workflow e BSCW. Dissertação. CEFET_PR. Curitiba, 2000.

MOTTEU, H.; CNUUDE, M. La gestion de la qualité durant la construction: action menee en Belgique par le comité "Qualité dans la Construction". In:CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. Quality for building users throughout the world. s.l., CIB, 1989.

NAKAGAWA, Y, e Y SHIMIZU. "Toyota Production System Adopted by Building Construction in Japan." *12 th Annual Conference o Lean Construction*. Elsinore,IGLC, 2004.

NASCIMENTO, L. A. Proposta de um Sistema de Recuperação de Informação para Extranet de Projeto. Dissertação. Escola Politécnica. USP. São Paulo, 2004.

NASCIMENTO, L. A; LAURINDO, F. J. B; SANTOS, E. T. *A Eficácia da TI na Indústria da Construção Civil*. III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. UFSC, São Carlos, SP.2003.

NASCIMENTO, L. A; SANTOS, E. T. *Barreiras para o uso da Tecnologia da Informação na Indústria da Construção Civil* In. Anais do II Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, Porto Alegre: PUC-RS, 2002.

NASCIMENTO, L.A.; SANTOS, E.T. *A indústria da construção na era da informação. Ambiente Construído*, Porto Alegre, 2003.

NEWTON, P. "Diffusion of IT in the Building and Construction Industry." *Building for Growth Innovation Forum*. 1998. <http://www.isr.gov.au/industry/building/invforum>, acesso em 05 Maio 2009.

NITITHAMYONG, P. e SKIBNIEWSKI, M. J.; *Web-based construction project management systems: how to make them successful*. Automation in Construction, Vol. 13, No 4, p.491-506, jul 2004.

NOVAES, C. C. Diretrizes para garantia da qualidade do projeto na produção de edifícios habitacionais. Tese - Escola Politécnica(USP) São Paulo, 1996.

NOVAES, C.C.A.; *A Modernização do Setor da Construção de Edifícios e a Melhoria da Qualidade do Projeto* In: VII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO:Qualidade no processo construtivo. Anais. Florianópolis, 1998.

NUNES, R.C. P. *A questão da padronização no CAD: Uma análise dos escritórios de projeto no Rio de Janeiro*. Dissertação , Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 1997.

PERALTA, A.C. *Um modelo do processo de projeto de edificações, baseada na engenharia simultânea em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte*. Santa Catarina; Dissertação (Mestrado). Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina,2002.

PHIRI, M. *Information Technology in Construction Design*. London. Thomas Teford Ltd .1999.

PICCHI, F. A. *Sistema de qualidade: uso em empresas de construção*. Tese - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1993

RODRÍGUES, M.A.A.; HEINECK, L.F.M *Coordenação de Projetos:Uma Experiência de 10 anos dentro de Empresas Construtoras de Médio Porte*. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais. Fortaleza, 2001.

RODRIGUEZ, M. A. R. *Coordenação Técnica de projetos: caracterização e subsídios para sua aplicação na gestão do processo de projeto de edificações*. Florianópolis: Tese (Doutorado) Universidade Federal de Santa Catarina, 2005 .

ROSSO, Teodoro. *Racionalização da construção*. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo (USP), 1980.

SABBATINI, E H. *Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia*. Tese de doutorado, Escola Politécnica(USP), São Paulo, 1989.

SANTOS, E. T. ; NASCIMENTO, L. A. . *Recuperação de Informação em Sistemas de Informações na Construção Civil: o Caso das Extranets de Projeto*. In: Seminário de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil, 2002, Curitiba. Anais... Curitiba : UFPR, 2002.

SCARDOELLI, L; SILVA, M. F; FORMOSO, C. T ; HEINECK, L. F. *Melhorias de Qualidade e Produtividade: Iniciativas das empresas de construção civil*. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1994.

SILVA, M.V.M.F.P. *As Atividades de Coordenação e a Gestão do Conhecimento nos Projetos de Edificações*. Dissertação. Construção Civil. Universidade de Federal de São Carlos. São Carlos, 2004.

SINDUSCON – PR/ SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Pequenas e Micro Empresas do Paraná) *Diretrizes Gerais para Compatibilização de Projetos*, Curitiba, 1995.

SOARES, C.C.P, QUALHARINI, E.L *Organizando o Escritório de Projetos para a Era da Informática-Considerações Metodológicas.*. In: VII Encontro Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC), Florianópolis, 1998.

SOIBELMAN, L; CALDAS, C. H. S. *O uso de extranets no gerenciamento de projetos : o exemplo norte americano.* Anais ENTAC, 8º, Salvador, 2000.

SOLANO, R. S. *Compatibilização de Projetos na Construção Civil de Edificações:Método das Dimensões Possíveis e Fundamentais.* In: V WORKSHOP DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, Anais. Florianópolis, 2005.

SOUZA, et al. *Qualidade, projeto e inovação na construção civil.* Rio de Janeiro: In: ENCONTRO NACIONAL DA TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais, 1995.

SOUZA, U. E. L. *Como reduzir perdas nos canteiros: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil.* São Paulo, PINI, 2005.

THOMAZ, E. *Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação.* São Paulo, Editora: Pini, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989.

TZORTZOPOULOS, P. C. *Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte.* Rio Grande do Sul: Dissertação - Engenharia Civil, Universidade do Rio Grande do Sul, 1999.

VALERIANO, D.L.. *Gerência em Projetos – Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia .* São Paulo. Makron Books.1º Ed. 1998.

VANNI, C.M.J. *Análise de Falhas Aplicada a Compatibilização de Projetos na Construção de Edifícios.* Belo Horizonte: Dissertação(Mestrado) UFMG, 1999.

VILLAGARCIA, S. L; FRIGIERI Jr., V; CARDOSO, F. F. *A tecnologia da informação e a indústria da construção de edifícios.* In: Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho, 1. Recife, 1999. A competitividade da construção civil no novo milênio: anais I SIBRAGEQ, Recife, 1999.

APÊNDICES

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO

PESQUISA_MESTRADO/UNICAP/PE ENGENHARIA CIVIL

Este formulário faz parte da pesquisa para dissertação de mestrado "Compatibilização de Projeto em Edifícios de Múltiplos Andares com Ênfase em Redução de Custos" do Programa de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco.

Solicitamos que sejam respondidas as questões de múltipla escolha, e nas demais questões, que sejam respondidas nos respectivos espaços em branco.

Suas respostas serão tratadas de forma confidencial e não serão utilizadas para nenhum propósito distinto desta pesquisa.

Esta pesquisa dura aproximadamente [5] minutos.

1. Qual a área de atuação da empresa/do projetista?

- Instalações Hidráulicas/Sanitárias
- Instalações Elétricas
- Arquitetura/Urbanismo
- Coordenação de Projetos
- Estruturas
- Outras (Especificar) _____

2. Quantos profissionais estão envolvidos diretamente no desenvolvimento do projeto?

- 1 a 3
- 4 a 6
- 7 a 10
- Mais de 10

3. Os profissionais da sua equipe consultam normas técnicas referentes à elaboração de projetos?

- Nunca
- Às vezes
- Frequentemente

4. Quais o(s) softwares utilizados no desenvolvimento de projetos?

- AutoCad
- CypeCad
- ArchiCad
- Hydros
- Lumine
- Eberick
- TQS
- MicroStation
- Arten A4d
- Outro (Especificar) _____

5. Qual o sistema utilizado no desenvolvimento de projeto?

- CAD 2D
- CAD 2D e 3D
- CAD 3D
- BIM
- Outro (Especificar)_____

6. Como é realizada a troca de informações dos projetos com projetistas de outras empresas?

- Desenhos Impressos
- Desenhos Eletrônicos
- Outros Meios

7. No caso de troca de informações, quais os formatos dos arquivos transferidos?

- DWG
- DXF
- PDF
- Outro (Especificar)_____

8. É usada norma de padronização para dados no sistema CAD?

- Sim
- Não

9. Caso Positivo, Na pergunta anterior qual norma é utilizada?

- ABNT
- AsBEA
- Padrão do Software
- Padrão Próprio
- Outro (Especificar)_____

10. Qual o método utilizado para o desenvolvimento dos projetos?

- Projeto Sequencial
- Projeto Simultâneo

11. Você trabalha ou trabalhou com portal colaborativo (extranet) no desenvolvimento de projeto?

- Não
- Sim (Especificar)_____

12. Qual a sua experiência sobre a compatibilização de projeto?

- Somente teórica, nunca utilizei
- Prática, utilizo em meus projetos
- Às vezes, de acordo com o projeto
- Nunca utilizei

13. Caso positivo na pergunta anterior, em que etapa do projeto é feita a compatibilização?

- Na fase do projeto executivo
- Na fase de anteprojeto e projeto executivo
- Estudo preliminar, Anteprojeto e Projeto executivo
- Outras (Especificar)_____

14. Quem você acha que deve ser responsável pela compatibilização de projeto?

- O projetista
- O coordenador de projeto
- O arquiteto
- Outros
(Especificar)_____

15. Você tem relato profissional de algum problema durante a obra por não ter sido feita a compatibilização de projeto?

- Sim
- Não

Caso positivo
(Especificar)_____

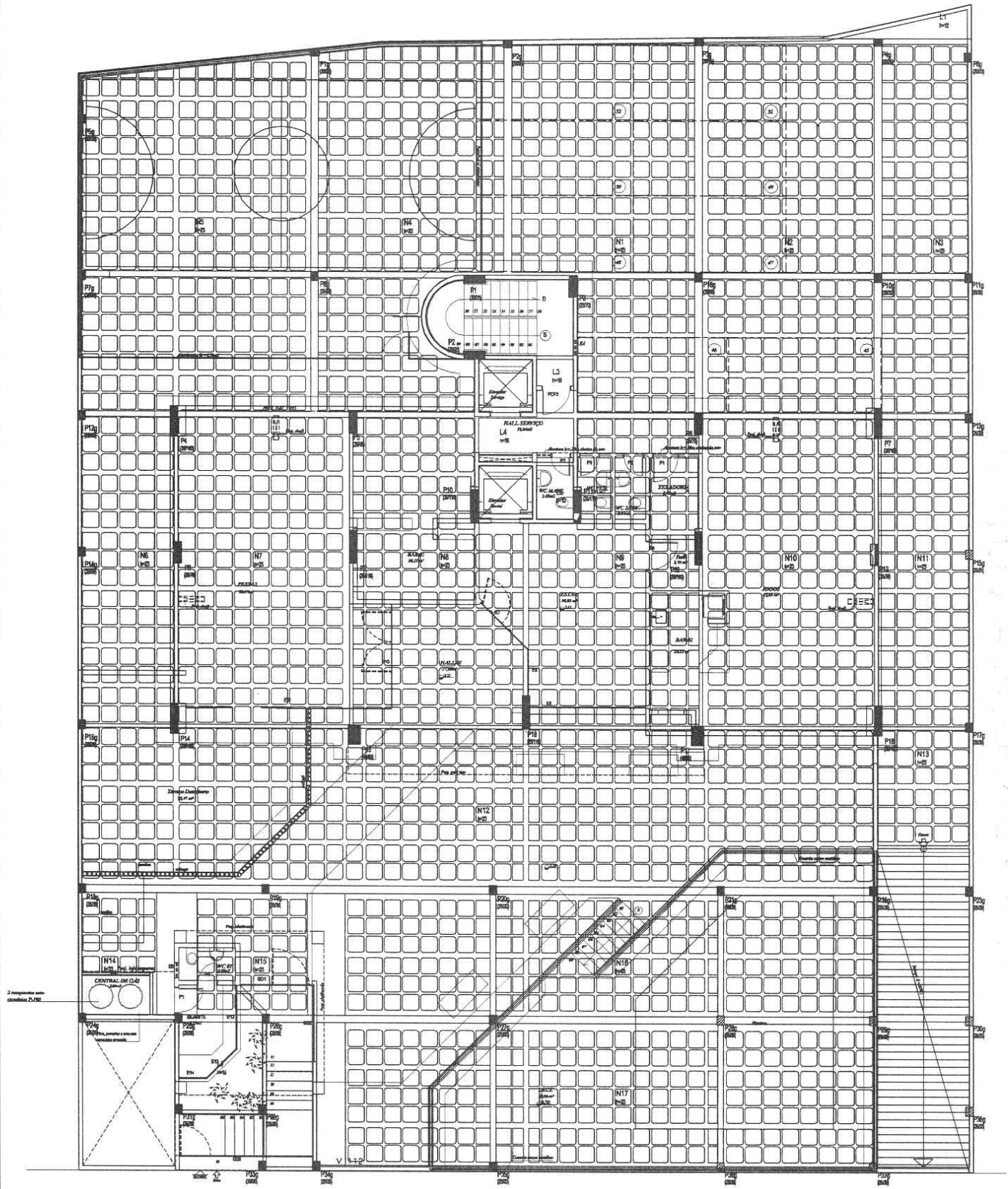
16. Você tem algum dado sobre o percentual de desperdício em consequência da falta de compatibilização de projeto?

- Sim
- Não

Caso positivo
(Especificar)_____

17. De acordo com sua experiência, quais os empecilhos para a compatibilização de projeto?

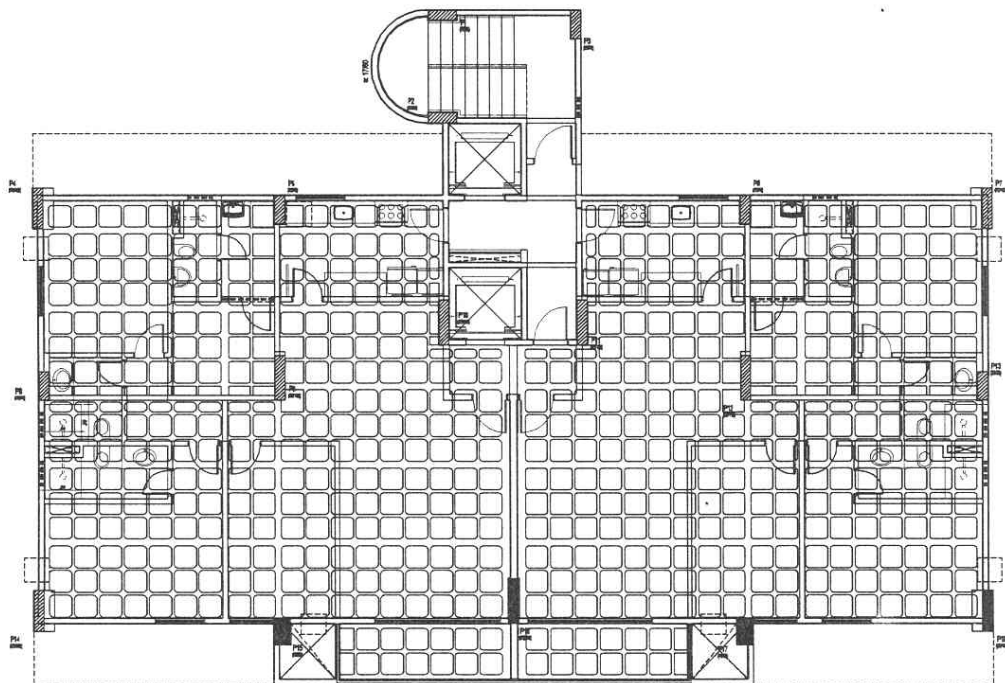
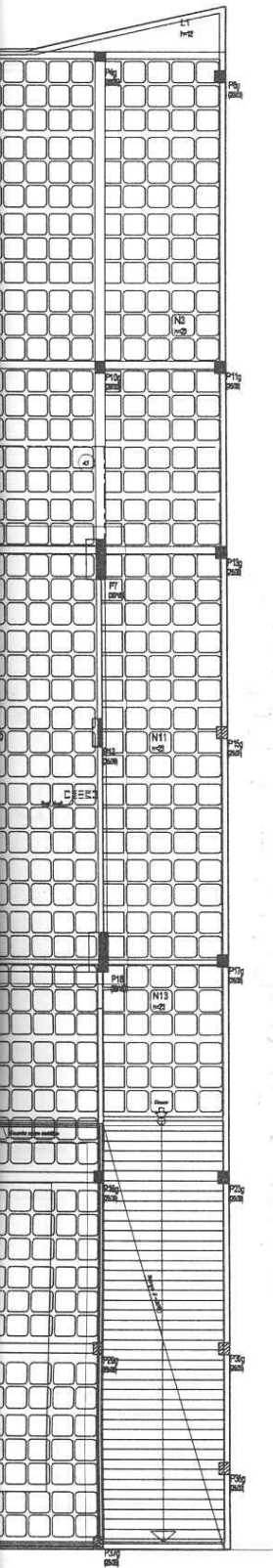
- Cultural (Prática do projeto sequencial)
- Técnica (Treinamento para engenharia simultânea)
- Organização (Sistemas de informações)
- Outros
(Especificar)_____



FORMA DO PLAY GROUND
ESCALA: 1/125

Planta Baixa - Play Groue
III

Superposição 2D - Arquitetura x Estrutura - Pavimento Play Ground



Planta Bateria - Pav. Tipo
esc: 1/10,75

Superposição 2D - Arquitetura x Estrutura - Pavimento Tipo

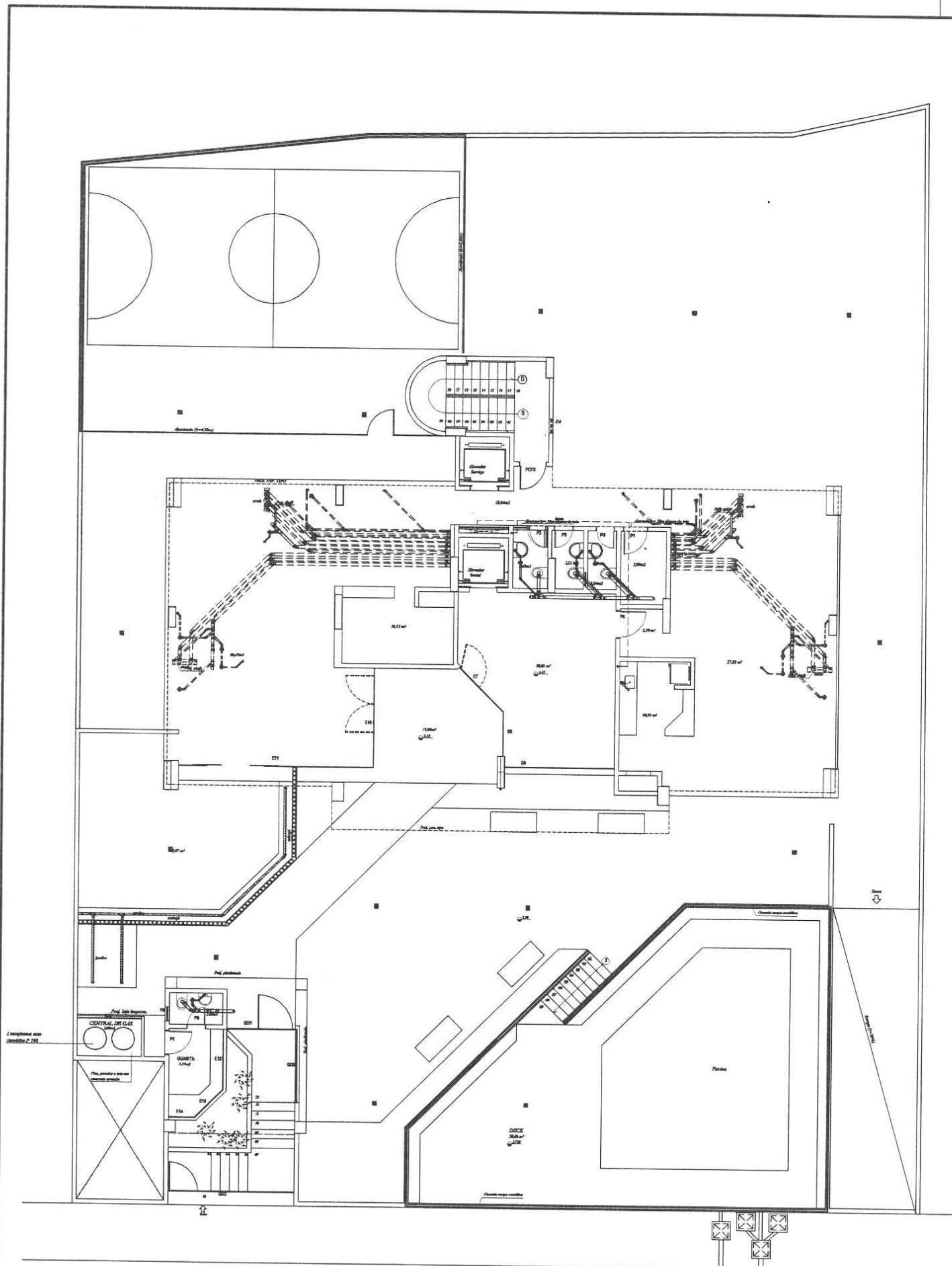
Planta Bateria - Play Center
esc: 1/11

Pavimento Play Ground

APÊNDICE B - SUPERPOSIÇÃO

PROJETO DE ARQUITETURA E PROJETO DE ESTRUTURA

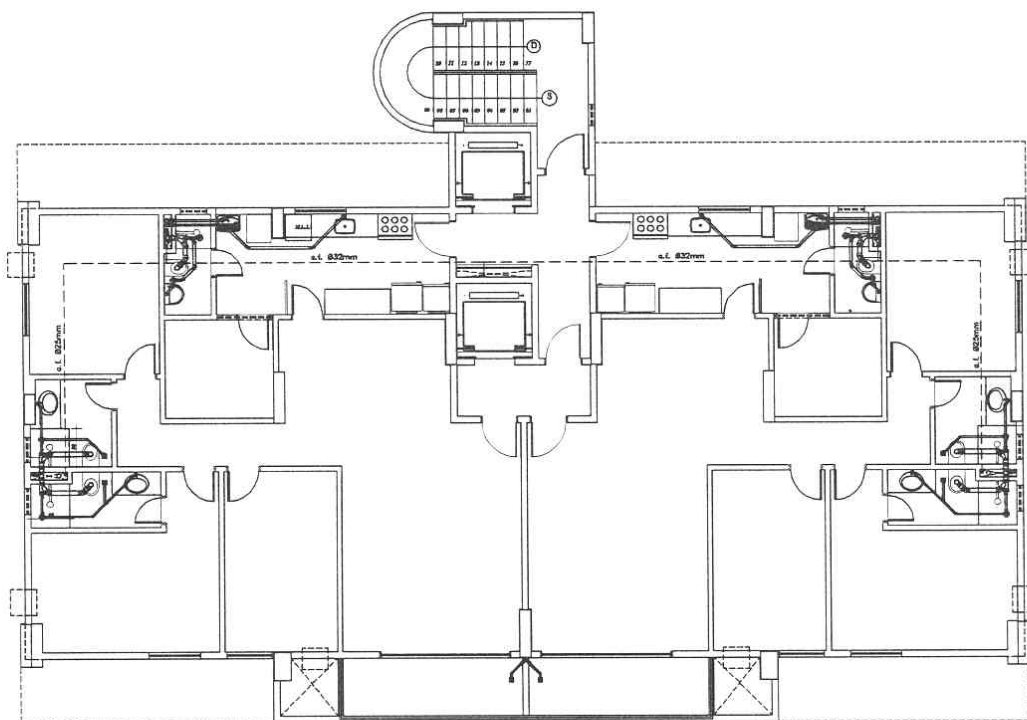
PAVIMENTO PLAY GROUND E PAVIMENTO TIPO



PLANTA BAIXA - PLAY GROUND(teto)
 ESC.: 1/125

Planta Baixa - Play Ground
 esc.: 1/125

Superposição 2D - Arquitetura x Hidrossanitário - Pavimento Play Ground

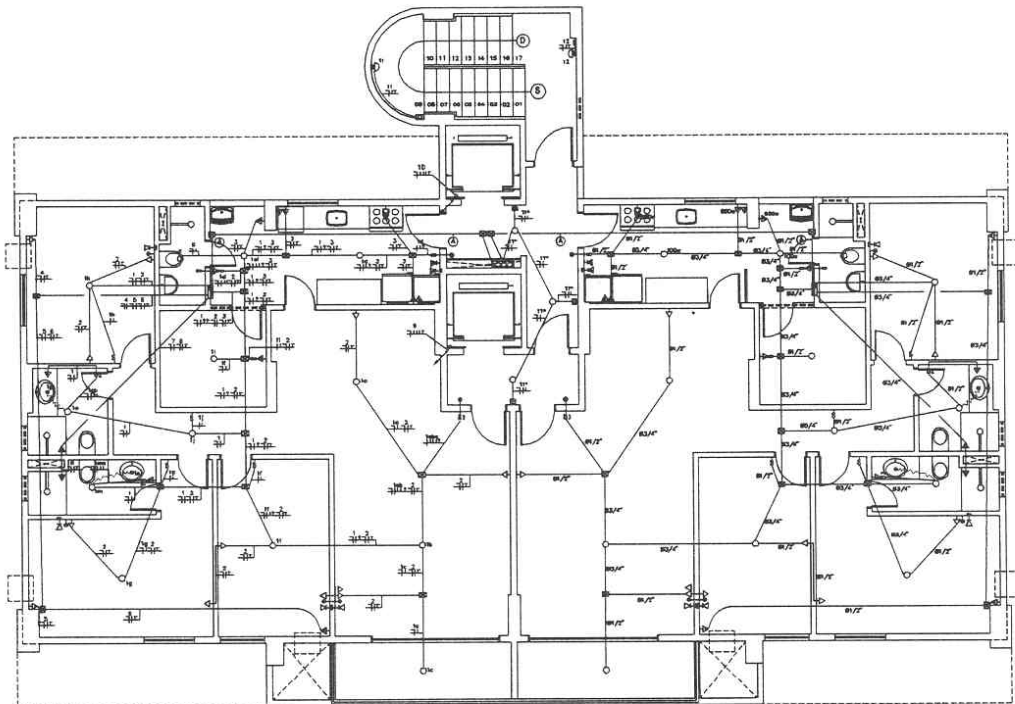


PLANTA BAIXA - TIPO
ESC.: 1/175

Superposição 2D - Arquitetura x Hidrossanitário - Pavimento Tipo

APÊNDICE C - SUPERPOSIÇÃO

PROJETO DE ARQUITETURA E PROJETO HIDROSSANITÁRIO
PAVIMENTO PLAY GROUND E PAVIMENTO TIPO



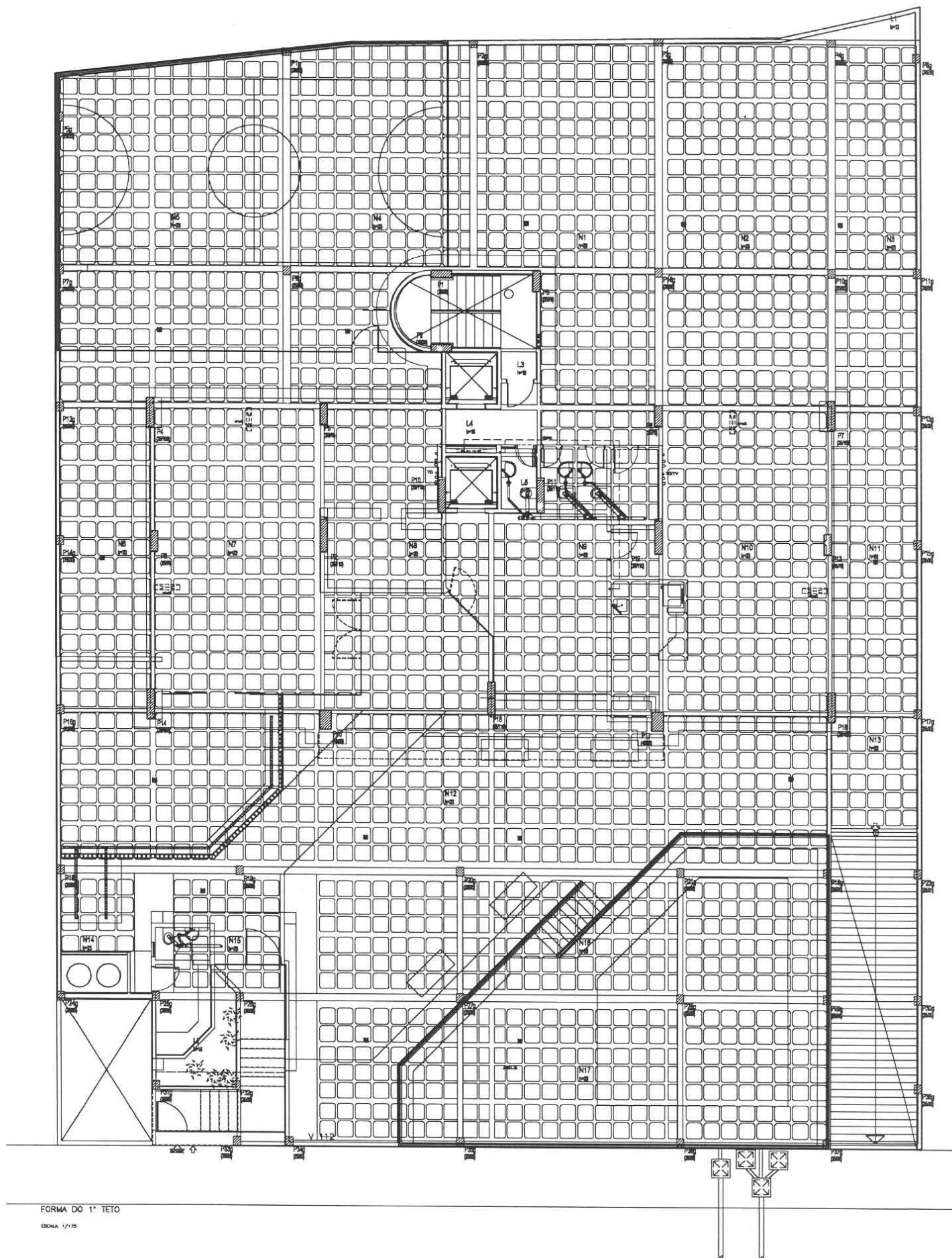
PLANTA BAIXA - PAV. TIPO

Superposição 2D - Arquitetura x Elétrico - Pavimento Tipo

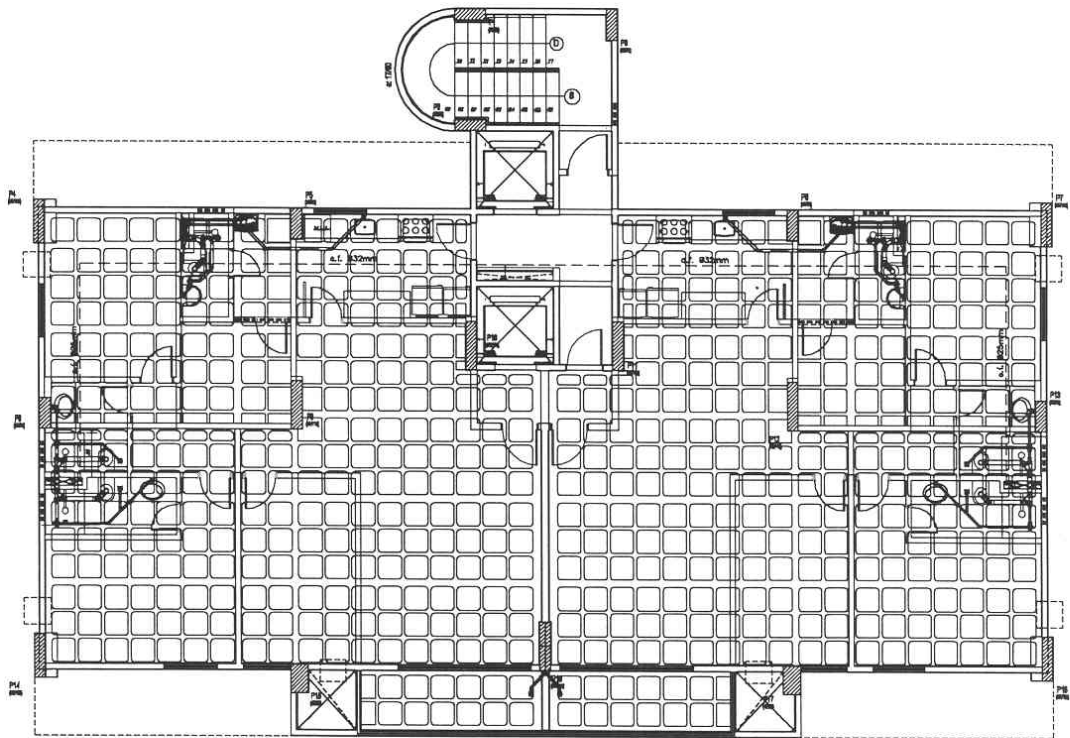
APÊNDICE D - SUPERPOSIÇÃO

PROJETO DE ARQUITETURA E PROJETO ELÉTRICO

PAVIMENTO PLAY GROUND E PAVIMENTO TIPO



Superposição 2D - Estrutura x Hidrossanitário - Pavimento Play Ground



FORMA DO PAV. TIPO

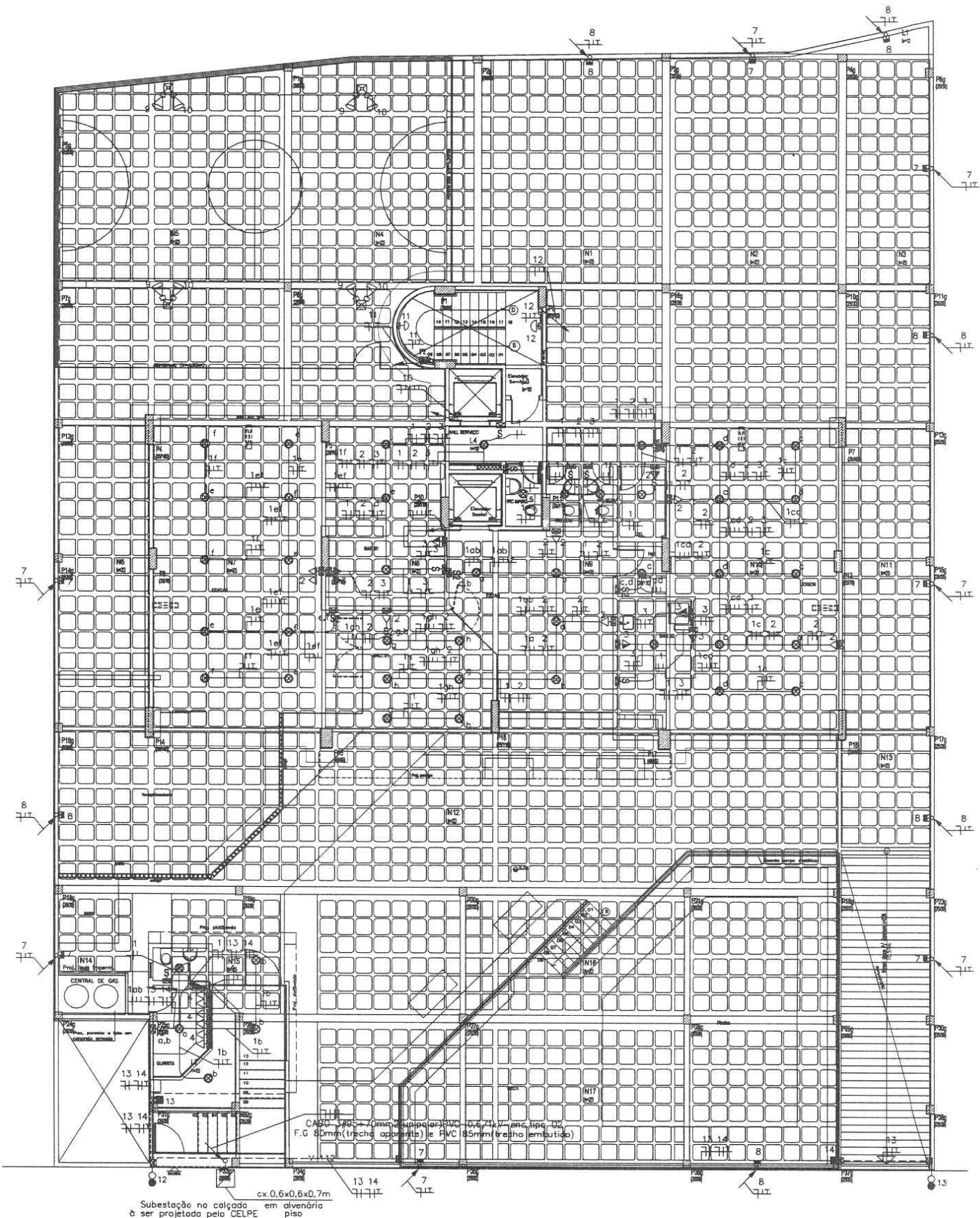
ESCALA: 1/175

Superposição 2D - Estrutura x Hidrossanitário - Pavimento Tipo

APÊNDICE E - SUPERPOSIÇÃO

PROJETO DE ESTRUTURA E PROJETO HIDROSSANITÁRIO

PAVIMENTO PLAY GROUND E PAVIMENTO TIPO



FORMA DO 1º TETO

ESCALA 1/175

PLANTA BAIXA - PLAY GROUND
 ESC.: 1/175

Superposição 2D - Estrutura x Elétrico - Pavimento Play Ground

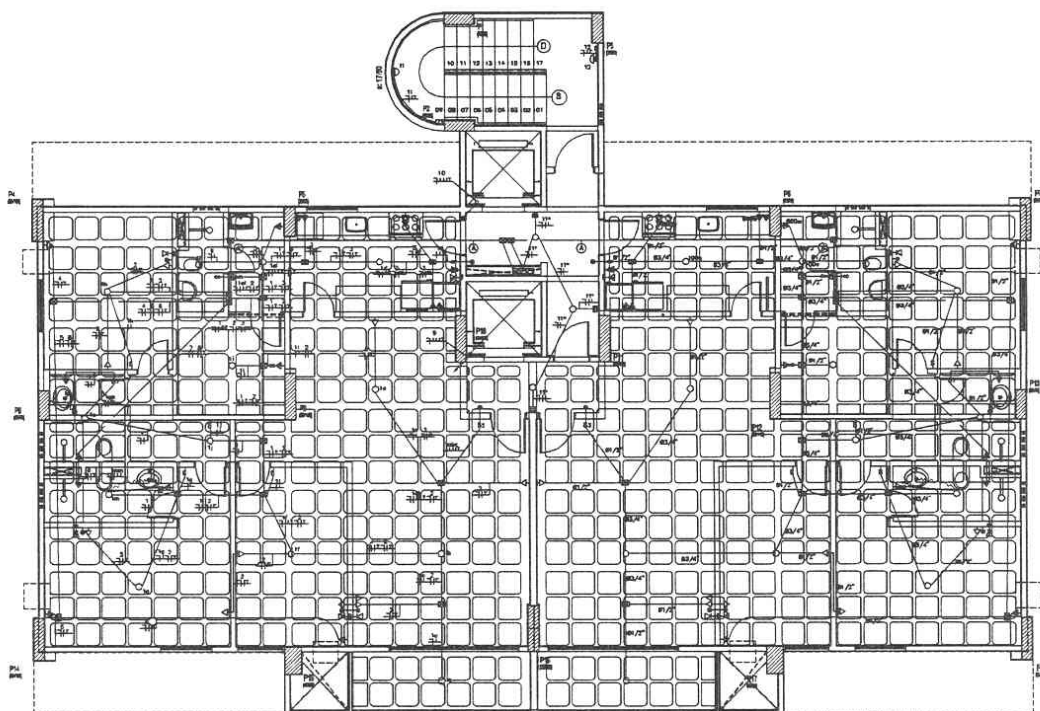
7
11

8
11

7
11

8
11

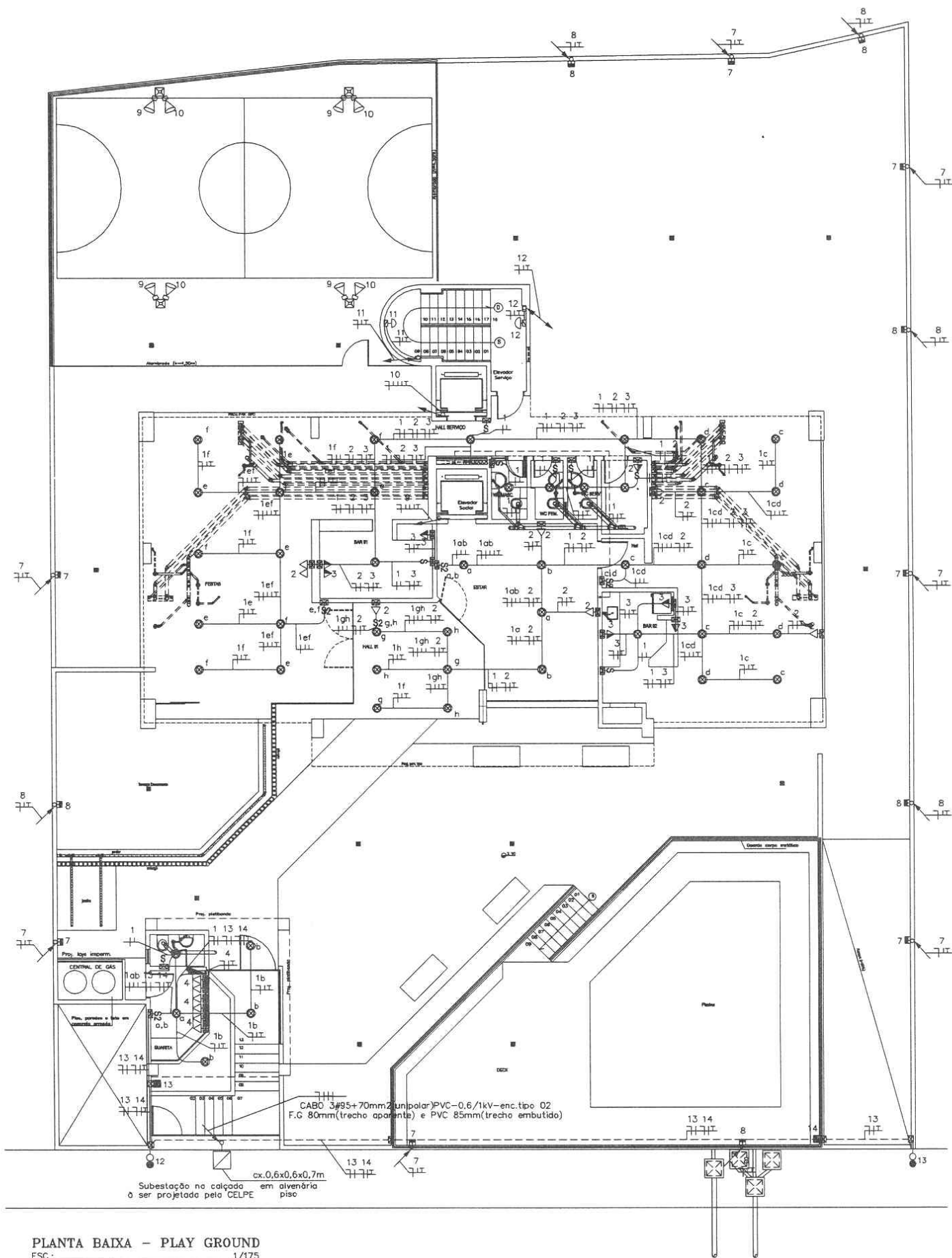
7
11



PLANTA BAIXA - PAV. TIPO
ESC.: 1/175

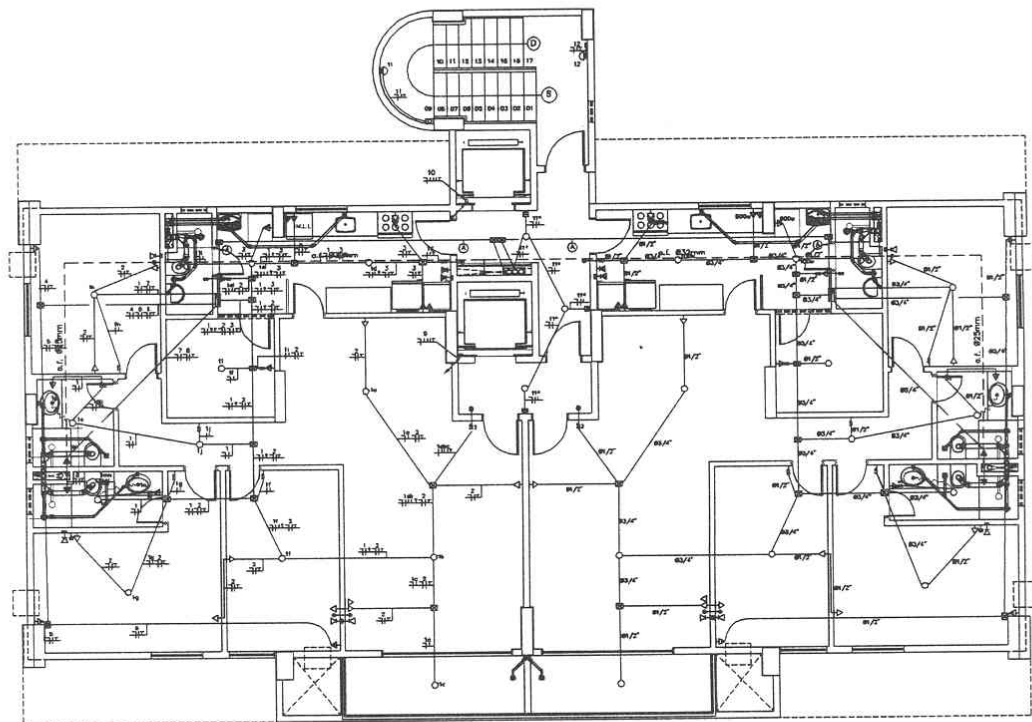
Superposição 2D - Estrutura x Elétrico - Pavimento Tipo

**APÊNDICE F - SUPERPOSIÇÃO
PROJETO DE ESTRUTURA E PROJETO ELÉTRICO
PAVIMENTO PLAY GROUND E PAVIMENTO TIPO**



PLANTA BAIXA - PLAY GROUND
 ESC.: 1/175

Superposição 2D - Hidrossanitário x Elétrico - Pavimento Play Ground



PLANTA BAIXA - PAV. TIPO
ESC. 1/100

Superposição 2D - Hidrossanitário x Elétrico - Pavimento Tipo

APÊNDICE G - SUPERPOSIÇÃO
PROJETO HIDROSSANITÁRIO E PROJETO ELÉTRICO
PAVIMENTO PLAY GROUND E PAVIMENTO TIPO