



**ENTAC2006**

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

## COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM 3D COMO INDICATIVO DE REDUÇÃO DE CUSTO EM EDIFICAÇÕES

**Jorge Mikaldo Júnior (1); Sergio Scheer (2)**

(1) Eng. Civil, Mestrando no PPGCC/UFPR - [jorge@jsengenharia.com.br](mailto:jorge@jsengenharia.com.br)

(2) D.Sc., Professor Adjunto da UFPR - [scheer@ufpr.br](mailto:scheer@ufpr.br)

Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná - PPGCC/UFPR -  
Centro Politécnico, CEP 81.531-980, Cx. Postal 19.011,  
Curitiba, Pr - Brasil

### RESUMO

**Proposta:** Atualmente o processo de compatibilização de projetos é conhecido por muitos, porém observa-se na literatura e em várias obras que as interferências físicas (IF) entre a estrutura e as instalações continuam sendo resolvidas nos canteiros, e geralmente às falhas estão na falta ou na ineficiência da compatibilização. O objetivo deste artigo foi o de investigar se a técnica de compatibilizar os projetos diretamente em 3D é possível atualmente, posto que essa necessita de modelagem 3D da edificação na forma real desejada, mas permitindo uma melhor compatibilização.

**Método de pesquisa/Abordagens:** Estudo de caso participante – Desenvolvimento de projetos em 3D de um edifício residencial com aproximadamente 3500m<sup>2</sup>, e análise automática das interferências físicas dos modelos em 3D através de um software em desenvolvimento. **Resultados:** A técnica de compatibilizar projetos em 3D é possível, desde que haja a capacitação dos projetistas em desenvolver os projetos em 3D, o aperfeiçoamento de ferramentas de análise de IF e a valorização por parte dos contratantes. **Contribuições/Originalidade:** Portanto, a compatibilização de projetos em 3D pode ser uma solução para eliminar as IF ocorridas durante a fase de execução e conseqüentemente reduzir o custo das edificações, uma vez que detecta as IF automaticamente e permite a readequação dos projetos antes da execução, evitando desperdícios de materiais e re-trabalhos.

Palavras-chave: Projetos, Compatibilização 3D, Interferências físicas.

### ABSTRACT

**Propose:** Currently the process of building design harmonization is known by many. However it is observed in the literature and in many construction sites that the physical interferences between the designed building structure and the designed water/sewage and electrical hiring installations continue being decided directly on the job site. Generally the imperfections are present due to the lack of or inefficient harmonization. The objective of this article was to investigate if the 3D harmonization technique is feasible nowadays taking into account that a full 3D building design is necessary, but allowing a better harmonization process. **Research Method:** Case study participant– a residential building design development in 3D with approximately 3500m<sup>2</sup>, and automatic analysis of the physical interferences of the 3D models through a prototype software in development. **Results:** The 3D harmonization technique is feasible but its application depends on: a design team qualified in full 3D building design development, the improvement of the available physical interference software tool, and increased value in the signed contracts in the client/owner point of view. **Originality/value:** Therefore the 3D design harmonization is worthwhile to eliminate the physical interferences occurred during the execution phase. Consequently it helps the construction cost reduction because it acts

detecting physical interferences automatically and allows design adequacy before the execution, preventing materials wastefulness and re-works.

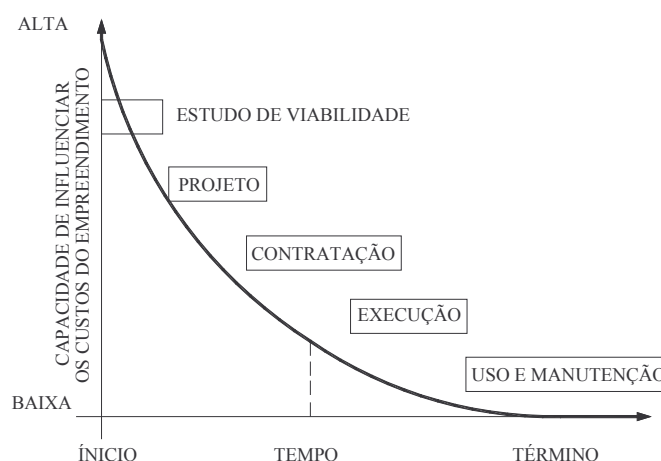
Keywords: Building design, 3D harmonization, Physical interferences.

## 1 INTRODUÇÃO

As empresas do setor da construção civil estão passando por um quadro turbulento e de grande competição, e por isso buscam de todas as formas intervir no campo da economia e tecnologia para se tornarem competitivas. De acordo com (PORTER, 1986), (SLACK, 1993), (SLACK et al., 2002) e RONEM & ROZEN (1992), as empresas tornam-se competitivas intervindo de forma crescente e com integração nos elementos: custo, qualidade, flexibilidade, tempo e inovação .

Neste sentido, a fase de compatibilização de projetos em 3D certamente é de fundamental importância, pois acredita-se que a mesma pode interferir em todos os elementos citados, em função da redução de re-trabalhos, desperdício de materiais, tempo de execução dos projetos e compatibilização, bem como na inovação com as novas ferramentas de Tecnologia da Informação (TI), propiciando qualidade e flexibilidade ao processo.

A literatura coloca diversas vantagens em relação a valorização do projeto, com situação como a colocada na Figura 1 que, de acordo com (MELHADO, 1994), depreende que um maior investimento na etapa de projeto pode ocasionar a redução do custo do empreendimento.



**Figura 1** – Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento ao longo de suas fases.

Fonte: CH(1987) apud MELHADO(1994)

A compatibilidade é definida como atributo do projeto, cujos componentes dos sistemas ocupam espaços que não conflitam entre si e, além disso, os dados compartilhados tenham consistência e confiabilidade até o final do processo de projeto e obra (GRAZIANO, 2003).

O Projeto é definido como descrição gráfica e escrita das propriedades de um serviço ou obra de Engenharia ou Arquitetura, definindo seus atributos técnicos, econômicos, legais e financeiros (NBR-5674 (1999); uma atividade criativa, intelectual, baseada em conhecimentos (...) mas também em experiência (...) um processo de otimização” (STEMMER, 1988); “... atividade que cria propostas que transformem alguma coisa existente em algo melhor” (MCGINTY, 1984).

Logo, compatibilização de projetos é a atividade que torna os projetos compatíveis proporcionando soluções integradas entre as diversas áreas que tornam um empreendimento real.

## **2 OBJETIVO**

O objetivo deste artigo foi de investigar se a técnica de compatibilizar os projetos em 3D é possível, modelando a edificação na sua forma real e permitindo uma melhor compatibilização.

## **3 MÉTODO DE PESQUISA**

Este trabalho com as características que apresenta, é chamado de estudo de caso participante (YIN, 1994) e tem como apoio uma revisão bibliográfica.

Os dados foram coletados através de observação direta e medições, acompanhamento via 'extranet' de projetos (sistema SIGEP) desenvolvida na UFPR (UFPR, 2002), pesquisa documental (projetos, compatibilizações, etc), levantamentos e entrevistas com os participantes.

A análise foi feita com o cruzamento dos dados levantados versus entrevista final com os participantes versus revisão bibliográfica.

## **4 ESTUDO DE CASO**

A edificação empreendida é destinada para fins residências e tem uma área de aproximadamente 3500 m<sup>2</sup> distribuídos em 13 lajes: subsolo para garagem de veículos; pavimento térreo com um apartamento, recepção, salão de festas, quadra poliesportiva, e demais espaços destinados ao lazer dos condôminos; sete pavimentos tipos com dois apartamentos por andar; duplex inferior; duplex superior; casa de máquinas e caixa d'água.

A estrutura é de concreto armado constituída de estacas, blocos, pilares, vigas e lajes nervuradas, e os painéis de alvenaria de blocos cerâmicos são elementos de vedações.

Nas instalações hidráulicas, elétricas e funcionalidades, destacam-se algumas facilidades: medidores de água individual, sistema individual de aquecimento de água com recirculação, reservatório de contenção de cheias, sistema de aterramento atendendo a NR-10, central telefônica para comunicação interna, rede de lógica com acesso a internet para compartilhamento entre os condôminos, etc.

Os projetos arquitetônico e complementares foram desenvolvidos de maneira colaborativa com uma equipe multidisciplinar e apoio das ferramentas de tecnologia de informação, entre as quais se destacam a extranet para troca de informações e repositório de arquivos, softwares de CAD e desenvolvimento de projetos complementares (estrutura, hidráulica, elétrica e funcionalidades) e software para compatibilização de projetos.

A fim de atender as necessidades do contratante os projetos foram acompanhados pelo grupo gestor que exerceram as atribuições de Gerente de Projetos, Coordenadores e Compatibilizadores.

A equipe é constituída conta com profissionais de diversas áreas: Arquiteto, Engenheiro civil, Engenheiro Eletricista, 'Cadistas' e outros.

As tarefas foram definidas e adaptadas das diretrizes da Contratante (CEF, 2003), do livro Diretrizes Gerais para Compatibilização de Projetos (SINDUSCON, 1995) e da experiência prática dos coordenadores.

Este empreendimento fez uso do fluxograma de processo de projeto proposto no artigo Scheer et al (2005) e houve apenas 2 etapas de compatibilização, sendo a primeira na fase dos estudos preliminares e segunda na etapa dos projetos finais.

Todos os projetos foram elaborados em 3D, porém a compatibilização 3D aconteceu apenas nos projetos complementares em função da inexistência de compatibilidade entre os arquivos 3D do projeto arquitetônico desenvolvido com os arquivos 3D dos complementares.

O projeto estrutural foi desenvolvido com auxílio do software Eberick da AltoQI que permite a modelagem da estrutura em 3D a partir do lançamento dos elementos estruturais (pilares, vigas e lajes) no plano 2D, tendo como base a arquitetura que é importada de um desenho com extensão dxf/dwg.

Todo o lançamento acontece no plano 2D (figura 1). Porém, as informações da cota z (eixo vertical) são informadas no início do desenvolvimento do projeto (figura 2) e no lançamento de cada elemento estrutural (figura 3). Na sequência, de forma automática, o software modela a estrutura e a disponibiliza para a visualização (figura 4).

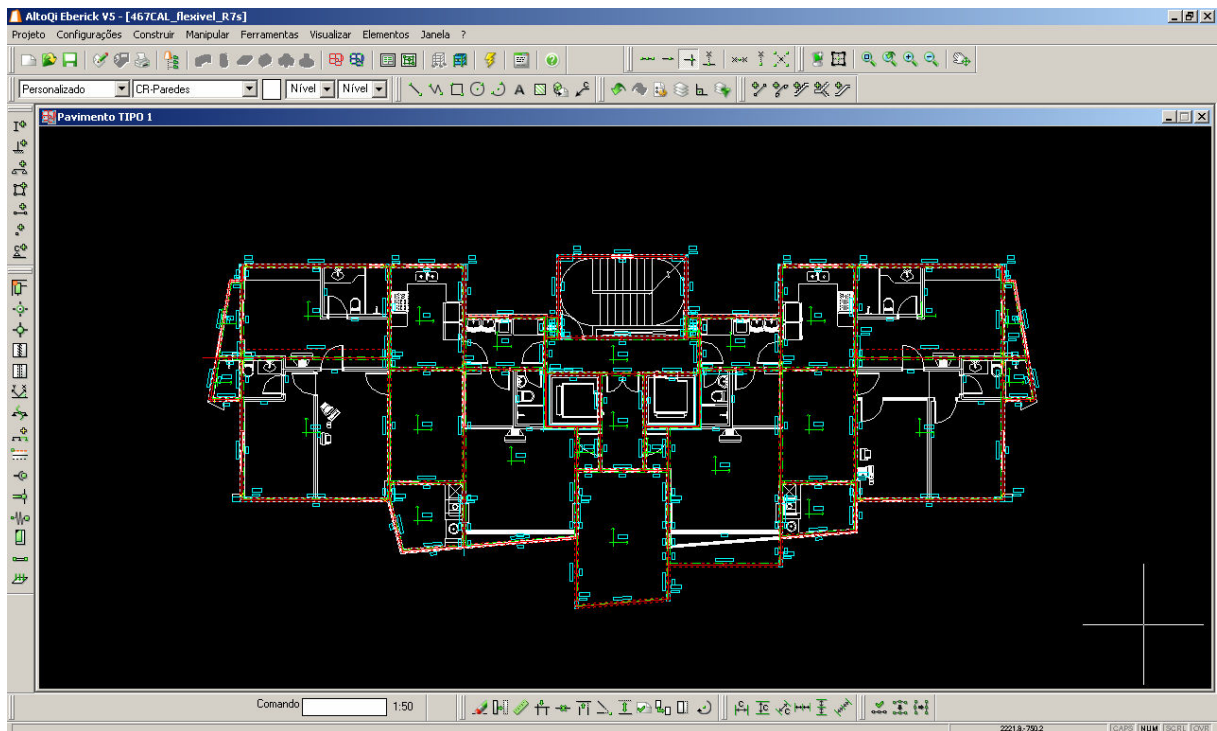


Figura 1 – Lançamento dos elementos estruturais no plano 2D

Pavimento	Altura (cm)	Nivel (cm)	Lance
8 TIPO 5	300.00	1950.00	7
9 TIPO 4	300.00	1650.00	6
10 TIPO 3	300.00	1350.00	5
11 TIPO 2	300.00	1050.00	4
12 TIPO 1	300.00	750.00	3
13 TERREO	300.00	450.00	2
14 SUBSOLO1	300.00	150.00	1

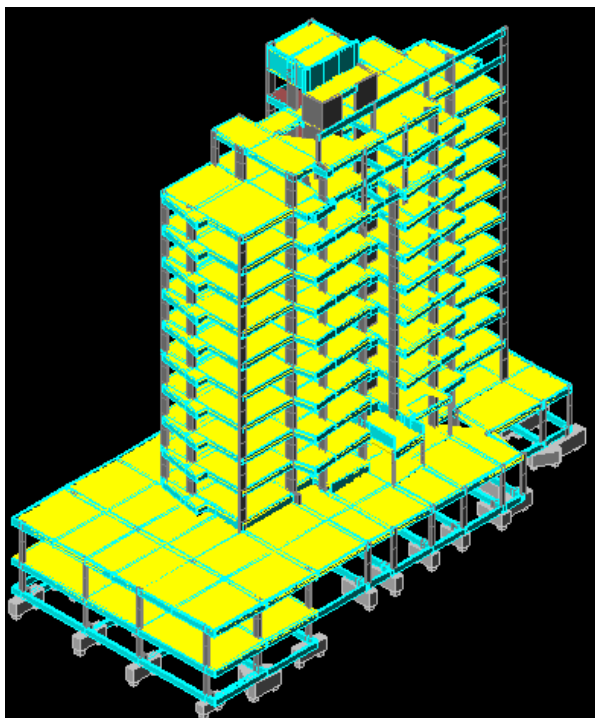
Figura 2 – Configuração das alturas (cota z)

(a)

(b)

(c)

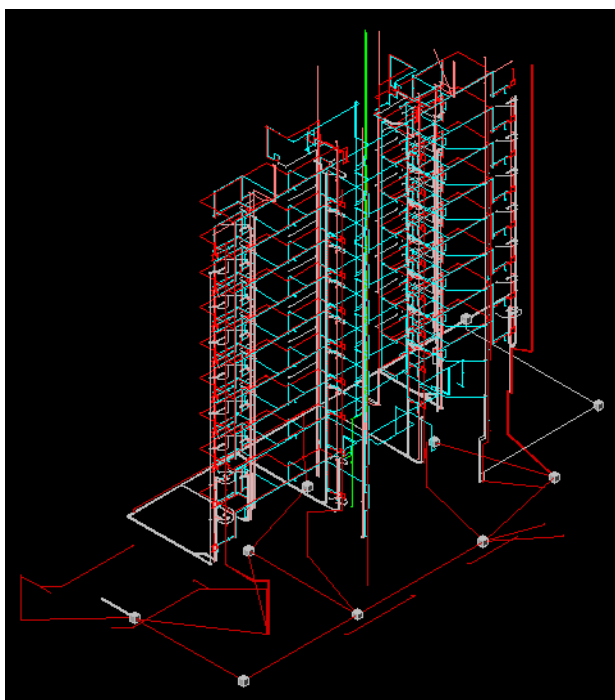
Figura 3 – Configuração dos elementos estruturais (a) pilar, (b) viga e (c) laje



**Figura 4 – Modelo 3D da Estrutura**

O projeto hidráulico foi desenvolvido com auxílio do software Hydros da AltoQI que permite a modelagem das instalações hidráulicas em 3D a partir do lançamento dos elementos (tubos horizontais e verticais e conexões, etc) no plano 2D, tendo como base a arquitetura que é importada de um desenho com extensão dxf/dwg.

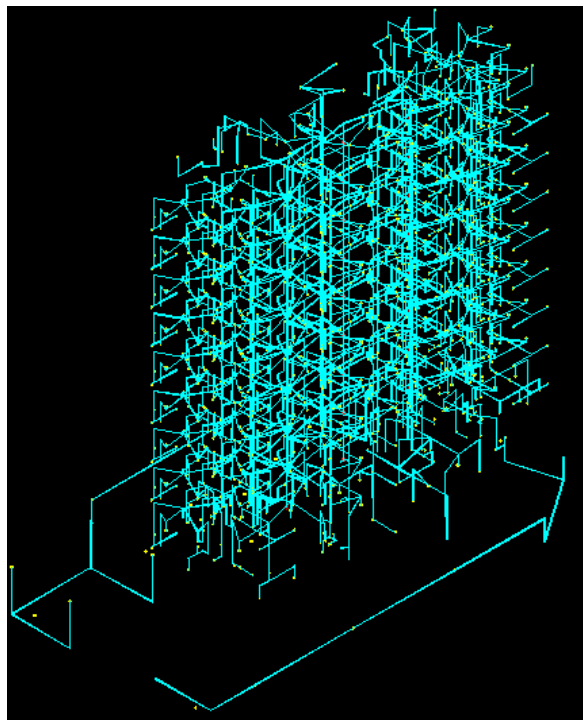
Como no Eberick o procedimento para modelagem no Hydros é semelhante e ao final do processo pode-se obter o modelo 3D (figura 5).



**Figura 5 – Modelo 3D das Instalações Hidráulicas**

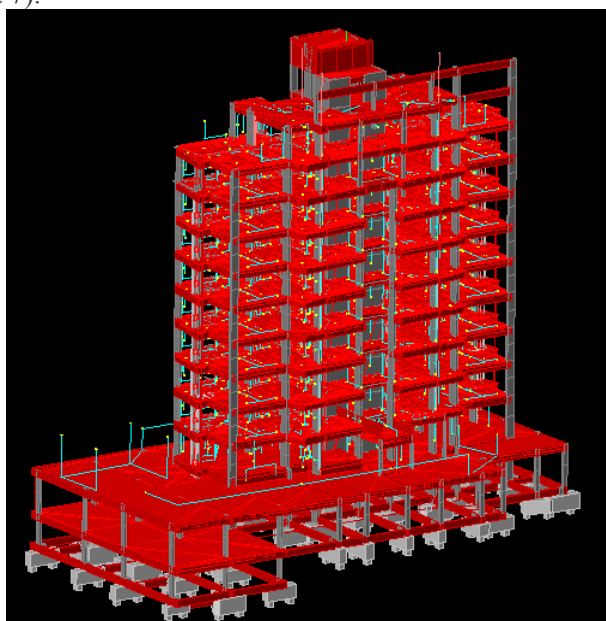
Do mesmo modo, o projeto elétrico foi desenvolvido com auxílio do software Lumine da AltoQI que permite a modelagem das instalações elétricas em 3D a partir do lançamento dos elementos (lâmpadas, interruptores, tomadas, tubulações, etc) no plano 2D, tendo como base a arquitetura que é importada de um desenho com extensão dxf/dwg.

Como no Eberick o procedimento para modelagem no Lumine é semelhante e ao final do processo pode-se obter o modelo 3D (figura 6).



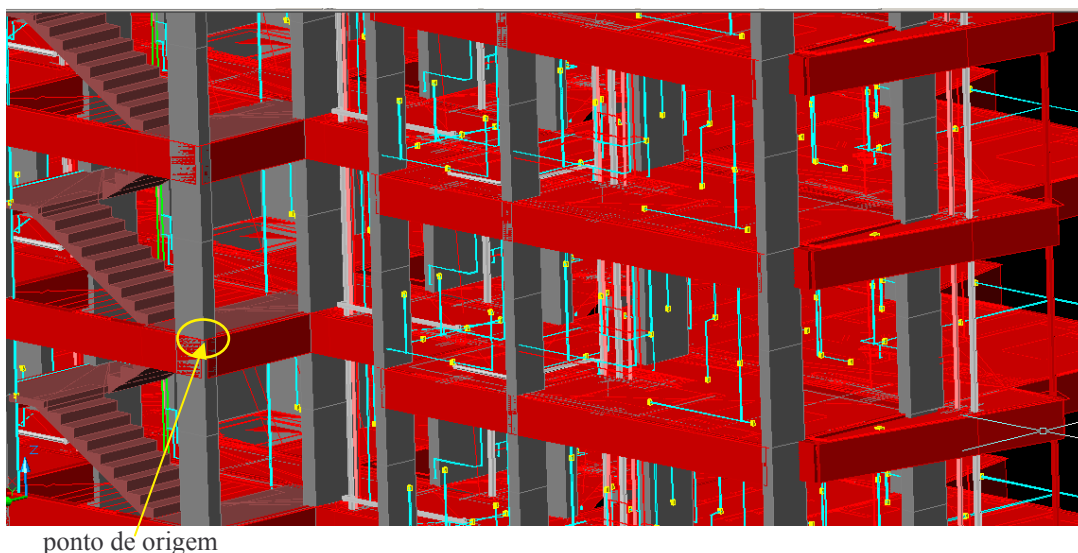
**Figura 6 – Modelo 3D das Instalações Elétricas**

Com os modelos 3D gerados torna-se possível a sua integração tanto em um software de CAD que insira arquivos com extensão dxf ou no Software de Análise de Interferência (SAI) da AltoQi (em desenvolvimento) (figura 7).



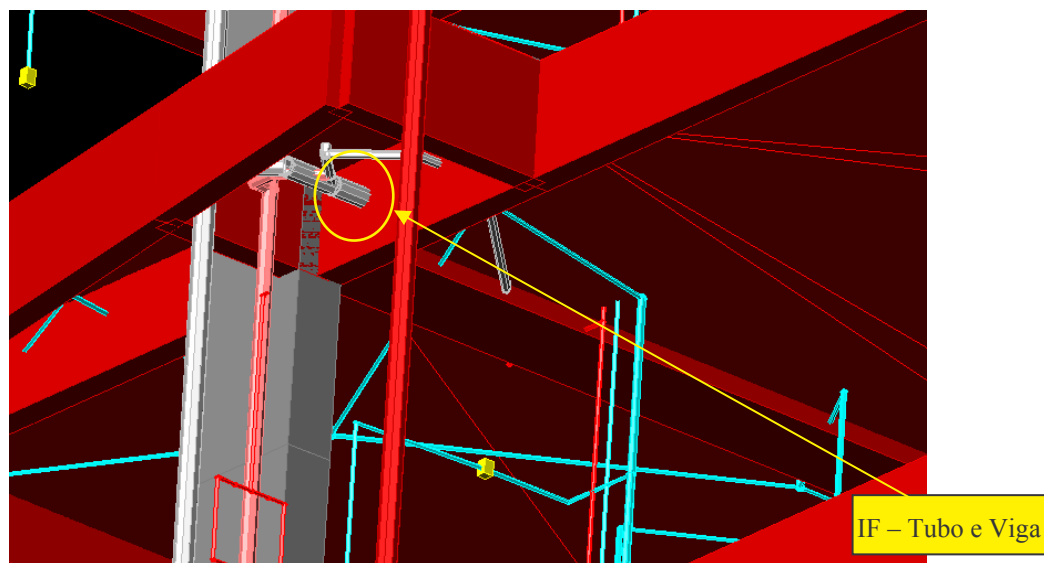
**Figura 7 - Integração dos Modelos 3D (Estrutura, Hidráulica e Elétrica)**

Para haver a integração dos modelos 3D de forma precisa é necessário que os projetos tenham um ponto de origem em comum. Neste estudo de caso utilizou-se a coordenada (0,0) no canto da escada por ser um ponto em comum na maioria dos pavimentos (figura 8).



**Figura 8 - Visualização das Interferências Físicas 1**

As interferências físicas (IF) na integração dos modelos 3D tornam-se visíveis e de fácil compreensão para os participantes (figura 9).



**Figura 9 - IF (Tubulação de Hidráulica furando a Viga)**

O compatibilizador repassa as interferências físicas (IF) para os projetistas analisarem e juntos chegarem a um consenso. Estas informações são repassadas de forma gráfica e escrita utilizando a extranet de projetos, permitindo o registro das informações e também a tomada de decisões.

O desenvolvimento dos modelos 3D acontece como parte do processo para o dimensionamento dos projetos, e a integração pode ser feita em questão de minutos, mas para isso é necessário que os projetistas desenvolvam os projetos em softwares que permitam a integração dos modelos 3D ao final do processo.

## 5 RESULTADOS

A compatibilização de projetos em 3D aconteceu no fluxo do desenvolvimento dos projetos e contou com o apoio de todos os agentes envolvidos no processo, bem como das ferramentas de TI disponíveis para este estudo de caso.

Para avaliar o desempenho do processo de Compatibilização de Projetos em 3D com uso de TI, todos os agentes envolvidos foram entrevistados e abaixo seguem as observações coletadas a respeito de vantagens e desvantagens:

**Tabela 1 – Principais vantagens e desvantagens do processo de Compatibilização de Projetos em 3D**

AGENTES ENVOLVIDOS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Arquiteto	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Facilidade de compreensão das IF a serem resolvidas.</li> <li>2. Verificação de um número maior de IF em relação aos processos tradicionais (sobreposição de <i>layers</i>).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falta de interoperabilidade com os softwares de projetos complementares e arquitetônico.</li> </ol>
Projetista de Estrutura	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Redução do número de reuniões para compatibilização, por facilidade de compreensão das IF.</li> <li>2. Precisão nas posições de furos em vigas, evitando maiores patologias.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alguns elementos estruturais não podem ser representados com a sua forma real por limitações de modelagem do software, como por exemplo, lajes nervuradas, vigas curvas, etc.</li> </ol>
Projetistas de Instalações	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Redução do número de reuniões para compatibilização, por facilidade de compreensão das IF.</li> <li>2. Redução do número de modificações por facilidade de visualização nas tubulações horizontais em níveis diferentes.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alguns elementos não podem ser representados com a sua forma real por limitações de modelagem do software, ex. quadros, hidrantes, extintores, etc.</li> <li>2. Dificuldade de modificação dos modelos 3D.</li> </ol>
Executor	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Compreensão rápida do processo de execução e logística em função dos modelos 3D.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falta de interoperabilidade com os softwares de projetos complementares e arquitetônico.</li> </ol>
Gerente, Coordenador e Compatibilizador	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rapidez no tempo de integração dos modelos 3D.</li> <li>2. Não necessita calcular as inclinações das tubulações para verificação de IF.</li> <li>3. Folga no cronograma por rapidez no tempo de compatibilização.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falta de interoperabilidade com os softwares de projetos complementares e arquitetônico.</li> <li>2. A lista de IF gerada pelo software ainda está muito carregada pela falta de filtros (o sistema SAI ainda necessita esta funcionalidade).</li> </ol>
Contratante	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Facilidade na compreensão dos projetos com os modelos 3D integrados.</li> <li>2. Redução de custo por retrabalho e desperdício de materiais por IF não detectadas em processos tradicionais.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falta de interoperabilidade com os softwares de projetos complementares e arquitetônico.</li> </ol>
Fabricante dos Softwares	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A empresa está trabalhando para superar as limitações dos softwares.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Poucos profissionais habilitados para desenvolver projetos em 3D.</li> </ol>

Nota: IF significa interferências físicas.

## 6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conforme observado no estudo de caso e nos resultados, a compatibilização de projetos em 3D é possível, embora ainda com algumas limitações. Dentre essas destacam-se a falta de interoperabilidade dos softwares de projeto arquitetônico e projetos complementares, falta de profissionais capacitados no desenvolvimento de projetos de edificações usando software com modelamento em 3D, e algumas limitações de modelagem e filtro dos softwares.

Por outro lado, verifica-se que as vantagens superam as limitações ao ponto que o processo de compatibilização de projetos em 3D facilita na compreensão das IF detectadas, na logística de execução, na redução do número de reuniões e consequentemente na redução do tempo de execução dos projetos.

O processo de compatibilização de projetos tem como papel principal tornar os projetos compatíveis. Portanto, além de detectar as interferências físicas entre os projetos, o grupo gestor tem que propiciar um ambiente colaborativo necessário à busca das melhores soluções para tornar os projetos compatíveis. Isto pode ser alcançado com o uso de extranet de projetos desde que haja atitudes pró-ativas entre todos os participantes.

Os esforços dedicados à elaboração de projetos integrados são inversamente proporcionais aos esforços dedicados a compatibilização. Se as empresas de software investirem no desenvolvimento de sistemas que permitam a elaboração de projetos integrados em ambientes colaborativos via Web, será viável se utilizar os conceitos de engenharia simultânea e se ignorar fluxogramas com atividades sequenciais que segmentam as etapas dos projetos.

Contudo, a compatibilização de projetos em 3D pode propiciar uma redução no custo das edificações, uma vez que a mesma permite integrar os projetos e detectar incompatibilidades que influenciam na execução com re-trabalho e desperdício de materiais.

## 7 REFERÊNCIAS

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

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL – CEF. **Concorrência Nº 015/2003**, Brasília, 2003.

GRAZIANO, Francisco Paulo. **Compatibilização de Projetos**. Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT (Mestrado Profissionalizante), São Paulo, 2003.

McGINTY, T. Projeto e processo de projeto. In: Snyder, James C.; Catanese, Anthony J., coord. **Introdução à arquitetura**. Rio de Janeiro, Campus, 1984. p.160-194.

MELHADO, S.B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. São Paulo, 1994. Tese (Doutorado) – EPUSP.

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.

PORTER, M. A **Vantagem Competitiva das Nações**. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1993.

RONEM, B; ROZEN, E. **The Missing link between manufacturing strategy and production plan**. In; *Internacional Journal Production Research*. Vol. 30, N. 11, pp. 2659-22682., 1992

SCHEER et al, **Novas concepções do processo de projeto para gerenciamento em ambientes colaborativos**. In IV SIBRAGEC e I ELAGEC, Porto Alegre – RS, 2005.

SLACK.N. **Vantagem Competitiva em Manufatura**. São Paulo: Ed. Atlas, 1993

SLACK, N.;CHAMBERS, S.;JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Ed. Atlas, 2002

SINDUSCON, **Diretrizes Gerais para compatibilização de projetos**. Curitiba: SEBRAE, 1995

STEMMER, C.E. **A questão do projeto nos cursos de engenharia** - texto no 1. In: Fórum ABENGE. Revista Ensino de Engenharia, v.7, n. 1, 1988. São Paulo, ABENGE, 1988. p.3-6. UFSC.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Sistema de Gestão de Projetos–SIGEP**, Curitiba, 2002.

YIN, Robert K. **Case study research: design and methods**. Second edition. Applied Social Research Methods Series, Volume 5, Sage Publications, 1994.

## **8 AGRADecIMENTOS**

Os autores gostariam de agradecer a empresa AltoQi que disponibilizou os softwares, a UFPR que permitiu a utilização da extranet SIGEP (<http://www.cesec.ufpr.br/projetos>) para troca de informações e repositório de arquivos e todos os agentes envolvidos que participaram com o espírito aberto de apreendizagem e colaboração com a comunidade acadêmica.