

**Fonte:**

[https://www.researchgate.net/publication/240991343\\_CHARACTERISTICAS\\_DA\\_REPRESENTACAO\\_2D\\_E\\_SUAS\\_LIMITACOES\\_PARA\\_A\\_COMPATIBILIZACAO\\_ESPACIAL](https://www.researchgate.net/publication/240991343_CHARACTERISTICAS_DA_REPRESENTACAO_2D_E_SUAS_LIMITACOES_PARA_A_COMPATIBILIZACAO_ESPACIAL)

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/240991343>

# CARACTERÍSTICAS DA REPRESENTAÇÃO 2D E SUAS LIMITAÇÕES PARA A COMPATIBILIZAÇÃO ESPACIAL

Article in *Gestão & Tecnologia de Projetos* · November 2007

DOI: 10.4237/gtp.v2i2.39

---

CITATIONS

5

---

READS

520

2 authors:



Rita Ferreira

University of São Paulo

13 PUBLICATIONS 48 CITATIONS

SEE PROFILE



Eduardo Toledo Santos

University of São Paulo

102 PUBLICATIONS 440 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Ensino de Engenharia [View project](#)



Implications of PAS1192-2:2013 in the Brazilian construction market. [View project](#)

# CARACTERÍSTICAS DA REPRESENTAÇÃO 2D E SUAS LIMITAÇÕES NA ETAPA DE COMPATIBILIZAÇÃO ESPACIAL DO PROJETO

## Rita Cristina FERREIRA

Departamento de Construção Civil e Urbana, na área de Concentração de Suporte ao Projeto (Tecnologia da Informação) – Universidade de São Paulo  
[rita@dwg.arq.br](mailto:rita@dwg.arq.br)

## Eduardo Toledo SANTOS

Professor da Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
[eduardo.toledo@poli.usp.br](mailto:eduardo.toledo@poli.usp.br)

## RESUMO

Em artigo anterior (FERREIRA; SANTOS, 2004), os autores mostraram, através de um estudo de caso, como o uso do CAD 3D permitiu acelerar significativamente o desenvolvimento de um projeto de vedações e compatibilização de subsistemas em relação ao tradicional processo baseado em CAD 2D. Ao contrário do que se esperava, o mesmo caso não permitiu averiguar ganhos de eficácia na detecção de incompatibilidades espaciais, tendo ambos os métodos identificado essencialmente o mesmo número de conflitos. A hipótese para esse resultado foi a de que o projeto estudado no caso foi tão simples que não chegou a exigir o recurso 3D para identificação dos problemas.

Com a finalidade de aprofundar esse estudo, analisou-se um conjunto significativo de projetos de vedações e compatibilização já realizados, buscando-se identificar padrões nas causas das incompatibilidades detectadas. Dentre essas causas, foram selecionadas aquelas em que o uso do CAD 3D potencialmente poderia auxiliar o projetista a evitar a interferência. Essas causas normalmente estão ligadas a limitações da representação 2D tradicional (plantas, elevações, cortes e simbologias), que induzem os projetistas das diversas disciplinas a soluções espaciais incompatíveis, por não permitirem a visualização clara das interferências.

**Palavras-chave:** Compatibilização, Representação 2D, CAD 3D, Projeto de Vedações.

## ABSTRACT

In a previous paper (FERREIRA; SANTOS, 2004), the authors showed, through a case study, how using the 3D CAD allowed speeding up the masonry design and compatibility analysis of subsystems, compared to the traditional process based on 2D CAD. Contrary to expectations, the same case did not allow to find out gains in the efficacy for detecting spatial incompatibilities as both methods identified essentially the same quantity of conflicts. The proposed explanation for this result was that the low complexity of the design did not require any 3D resource to identify the design flaws.

With the aim to study that fact in detail, a significant set of masonry designs and compatibilization analyses were reviewed to identify patterns linked to the causes of the detected incompatibilities. A selection was done, among those causes, to identify the ones where the 3D CAD could potentially aid the designer to avoid the interference. These causes generally refer to limitations of the 2D traditional representation (floorplans, elevations, sections and symbologies), which induce the designers of several disciplines to produce incompatible spatial solutions, because they do not allow for a clear visualization of the interferences.

**Key-words:** Compatibility, 2D Representation, 3D CAD

## 1 INTRODUÇÃO

As vantagens e os benefícios do uso do CAD 3D sobre o CAD 2D têm sido discutido freqüentemente tanto no meio acadêmico (LAWSON; LOKE, 1997; BRITO, 2001), quando na indústria de manufatura (SCHMITZ, 2006).

Os autores deste trabalho têm conduzido uma pesquisa com objetivo de obter maior compreensão sobre os efetivos ganhos proporcionados pela elaboração de projetos para a construção de edifícios, usando a tecnologia CAD 3D, em comparação com o CAD 2D. No primeiro estudo de caso acompanhado pelos pesquisadores (FERREIRA; SANTOS, 2004), foi investigada a eficiência em termos de tempo de execução dos dois métodos. Constatou-se, naquele caso, um ganho de 28% no tempo de execução do projeto de vedações verticais com o uso de metodologia de projeto em 3D em relação às técnicas tradicionais em 2D.

Em um segundo trabalho (FERREIRA; SANTOS; CODINHOTO, 2005), baseado no mesmo estudo de caso referido anteriormente, buscou-se identificar a eficácia da atividade de compatibilização, que visa detectar inconsistências e interferências entre os vários subsistemas projetados, com o uso do CAD 3D. Os resultados obtidos no caso único estudado revelaram grau semelhante de percepção de problemas de compatibilização, tanto com o uso do CAD 2D como com o CAD 3D.

Este resultado motivou a investigação exposta no presente trabalho, através do qual se buscam evidências sobre as características dos processos de projeto em 2D e em 3D que possam influir nos resultados obtidos ao longo dos estudos anteriores.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Pesquisas apontam as vantagens do CAD 3D em desenvolvimento de projetos. Brito (2001) afirma que o uso de desenhos em 3D tende a reduzir os enganos de projeto e as barreiras de representação entre projeto e produção. Zabelle e Fischer (1999) destacam os benefícios da modelagem tridimensional para auxiliar a equipe de projeto na identificação de problemas de construtibilidade, na melhoria da comunicação entre os envolvidos e na redução do retrabalho e de atividades que não agregam valor ao processo de projeto.

A indústria de software também tem se mobilizado para justificar e convencer o mercado das vantagens do uso do CAD 3D. Nesse sentido, os fornecedores de CAD têm divulgado documentos que trazem dados para persuadir os usuários a experimentar a tecnologia 3D em seu trabalho. Independentemente de quão atrativas sejam as tecnologias 3D para os especialistas, é possível reconhecer que, mesmo em áreas industriais consideradas mais avançadas que a construção civil em termos de tecnologia, como a manufatura, as dificuldades de transição do CAD 2D para o 3D são significativas e estão relacionadas principalmente a aspectos culturais (SCHMITZ, 2006).

Os resultados das pesquisas que têm sido desenvolvidas são, em geral, qualitativos, porém auxiliam no entendimento das questões relacionadas aos métodos de trabalho. Outros estudos como (CODINHOTO; FERREIRA, 2004) e (SACKS, 2004) têm buscado desenvolver pesquisas para a avaliações quantitativas dos métodos 2D e 3D. Para Sacks (2004), a realização de avaliações objetivas, através de referenciais ("benchmarks"), pode tornar tangíveis os benefícios

econômicos resultantes do uso sistemático de tecnologias da informação no desenvolvimento de projetos e, em especial, o uso do CAD 3D.

Outra questão apontada nas pesquisas é que o CAD 3D é a base para o uso de ferramentas mais avançadas, como o CAD 4D, que inclui o tempo no modelo espacial (RICHMOLLER et al., 2000), o BIM – Building Information Modeling, que é uma representação digital da geometria (3D) e dos demais dados e características físicas e funcionais de um edifício, referentes a todo o seu ciclo de vida<sup>1</sup>, a realidade virtual (ROWLINSON; HADIKUSUMO, 2000) e até as mais sofisticadas visões abarcadas pelo conceito de “nD modelling” (LEE et al., 2005).

Os modelos 3D também podem representar mais completamente a realidade que aqueles em 2D, possibilitando melhores condições na troca de informação entre diversas especialidades, por facilitar e agilizar a compreensão do objeto de projeto (LOCKHART; JOHNSON, 2000). Nesse sentido, os recursos do CAD 3D também viabilizam a gestão de projetos baseada na engenharia simultânea ou colaborativa, promovendo uma intensiva comunicação (LAUFER, 1996).

Segundo Lockhart e Johnson (2000), o processo de desenvolvimento de projetos pode ser entendido como um ciclo de identificação de um dado problema, seguido da idealização inicial para a sua solução. Nesse momento, ocorre um processo de decisão e seleção de solução de projeto, marcando o início de um novo ciclo de refinamento sobre a compreensão do problema e sua análise. Novamente, consolida-se em um novo processo de decisão e seleção da solução de projeto. Por fim, passa-se à implementação e documentação do projeto.

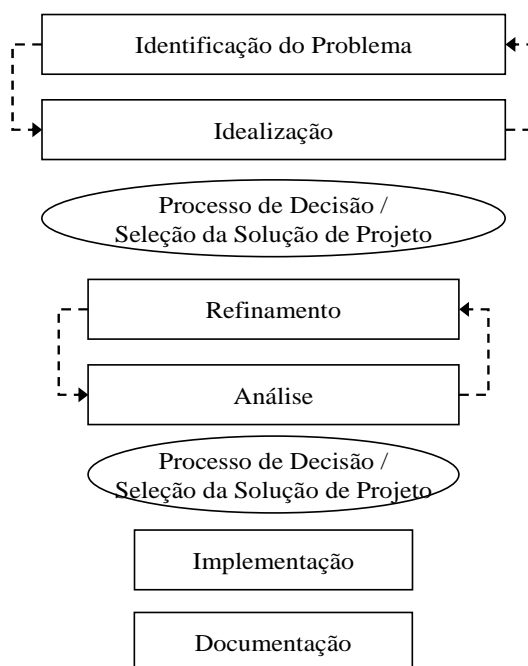


Figura 1 - Processo de Projeto (LOCKHART; JOHNSON, 2000)

<sup>1</sup> <https://www.nibs.org>

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

O método adotado para identificar as limitações da representação 2D dividiu-se nas seguintes etapas:

- a) Obtenção de um acervo de projetos representativo da área focada (projeto de vedações e compatibilização);
- b) Seleção de projetos do acervo do item a), para criar uma amostra representativa do conjunto de projetos realizados por um escritório;
- c) Compilação de uma lista de problemas de incompatibilidades detectadas;
- d) Análise detalhada dos projetos selecionados no item b) para determinar possíveis causas para a ocorrência dos problemas listados em c);
- e) Agrupamento das razões levantadas em d), visando o desenvolvimento e consolidação de uma classificação das características da representação 2D que representem limitações para a compatibilização espacial.

A pesquisa envolveu a realização de um levantamento de dados nos arquivos de projetos de uma empresa de projetos para construção de edifícios. A empresa existe há 14 anos e desenvolve seus projetos de vedações utilizando o CAD 3D como ferramenta. Durante o desenvolvimento de projetos, a empresa elabora relatórios de análise, chamados de “Relatórios de Acompanhamento de Projetos”, através do qual são registrados os problemas encontrados nos projetos dos demais especialistas. Os projetos dos demais especialistas envolvidos servem como dados de entrada para a empresa desenvolver seu próprio projeto.

De um conjunto de cerca de 200 trabalhos, foram selecionados os relatórios de 18 projetos com características diversas, priorizando-se os projetos mais recentes, quando o processo de documentação de problemas identificados estava mais maduro e, portanto, mais confiável. Sobre estes trabalhos selecionados, realizou-se a análise dos problemas identificados durante o processo de desenvolvimento dos projetos de vedações e compatibilização com estrutura e instalações.

Os problemas registrados durante o desenvolvimento dos projetos de vedações foram classificados conforme a natureza do problema, segundo o estudo feito por Codinhoto e Ferreira (2004). O total da amostra era de 799 problemas, classificados em: 16% de compatibilização, 42% de construtibilidade, 7% de coordenação e 35% de especificação. O objetivo desta classificação foi separar claramente os problemas de compatibilização daqueles de outra natureza, tais como construtibilidade, coordenação e especificação em projeto (Quadro 1).

Em um segundo momento, os problemas assim identificados e classificados foram novamente analisados detalhadamente visando identificar a relação entre estes e a tecnologia CAD utilizada para o desenvolvimento dos projetos. Tendo em vista que os projetos que servem de dado de entrada para o desenvolvimento dos projetos de vedações pela empresa são feitos em CAD 2D, a análise dos problemas identificados pode ajudar a entender as limitações da ferramenta e/ou da representação gráfica utilizada. Através deste procedimento de pesquisa, também foi possível explorar o quanto a utilização do CAD 3D poderia colaborar para se evitar os problemas em projeto.

Quadro 1 - Categorias de problemas analisados (CODINHOTO; FERREIRA, 2004)

Classe de Problema	Definição
Compatibilização	Interferências e inconsistências geométricas entre projetos do produto;
Construtibilidade	Inconsistências relacionadas ao desempenho e à execução dos sistemas e entre os subsistemas;
Coordenação	Inconsistências relacionadas ao controle da comunicação, do tempo, do escopo, de custos, riscos e integração do projeto / projetistas;
Especificação	Omissões, contradições ou inexistência de informações relacionadas ao produto.

#### 4 BASE DE DADOS PARA O LEVANTAMENTO

Os 18 projetos analisados, em termos de tipo de empreendimento, estavam divididos em 02 comerciais, 03 residenciais horizontais e 13 empreendimentos residenciais verticais, sendo que em todos eles o projeto para vedações foi elaborado até a fase de projeto executivo. O tempo de desenvolvimento desses projetos foi, para a maioria dos empreendimentos, entre 07 e 11 meses. Estes projetos foram os mesmos utilizados na pesquisa realizada por Codinhoto e Ferreira (2004).

O total de problemas desta amostra foi de 799, dos quais Codinhoto e Ferreira (2004) concluíram a seguinte classificação: 16% de compatibilização, 42% de construtibilidade, 7% de coordenação e 35% de especificação.

Vale destacar que a “compatibilização” mencionada no título do presente artigo se refere à etapa do processo de projeto utilizada para detectar todos os 4 tipos de problemas mostrados no Quadro 1, e não especificamente à classe de problema homônima.

#### 5 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

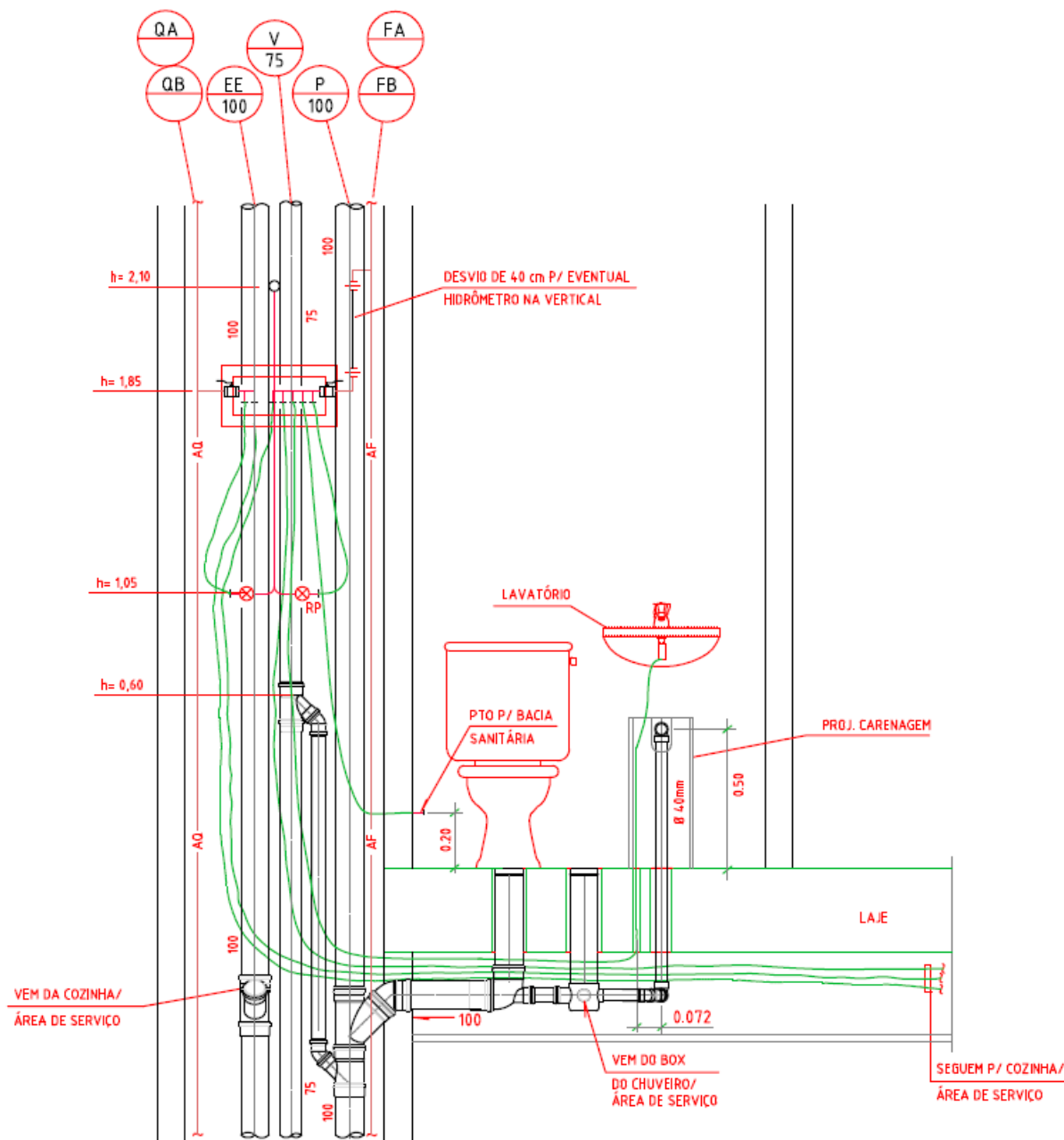
Os problemas encontrados foram relacionados em planilhas contendo sua descrição, sua categoria conforme o Quadro 1 e as características da representação bidimensional associadas ao problema, como exemplificado no Quadro 2. Foi interessante observar que as características do projeto em duas dimensões se reproduzem mesmo com o uso do CAD, o que é explicado pela sua utilização de maneira semelhante ao desenho de prancheta.

A análise detalhada das imagens no CAD foi utilizada para a compreensão dos problemas identificados nos projetos em 2D. A Figura 2 apresenta um detalhe em elevação em que o projetista omite a representação das peças de fixação das tubulações flexíveis de água quente (AQ) e fria (AF) tipo PEX. Em vista, também é possível observar a simplificação das tubulações de AF e AQ, através de linhas, que não expressam a dimensão real das tubulações. Neste caso, estas tubulações têm 50 mm de diâmetro externo, sem contar a dimensão aumentada nas conexões indicadas como três linhas paralelas horizontais.

Quadro 2 – Exemplos de análise dos problemas identificados nos projetos 2D

<i>Descrição original do problema identificado</i>	<b>Categoria do Problema</b>	<b>Problema associado à representação 2D</b>	<b>Análise</b>
<i>A tubulação de água quente do 1º WC que vai para o chuveiro, sob a laje, foi representada atingindo bem o ralo do box, No 3d foi desviado.</i>	Especificação	Simplificação	A informação bidimensional precisa ser “despoluída” para ser legível à equipe de obra. Porém, nesse processo de <u>simplificação</u> , considerando que o espaço é visualizado mentalmente, a análise de situações mais complexas pelo projetista é prejudicada.
<i>Para a acomodação das tubulações de água quente e fria dentro do shaft dos banheiros da suíte e do dormitório foi necessário movê-las.</i>	Construtibilidade	Omissão	Esse problema está relacionado com a interferência da parede do shaft com as réguas de apoio da tubulação flexível <u>que não foram representadas</u> no projeto de hidráulica.  A representação das réguas congestiona a informação das tubulações e o projetista omitiu-a, considerando que as tubulações poderiam ser ajustadas em obra, tal como foi feito na representação 3D.
<i>Verificar pontos de arandelas, pois devido a alteração no projeto estrutural, se executarmos estes pontos a 220 cm do patamar os mesmos ficarão localizados na viga V7.</i>	Compatibilidade	Visão parcial	A viga da escada, dependendo do apoio necessário, pode ficar em um nível diferente das demais vigas, interferindo com pontos de elétrica.  O problema ocorreu porque o projetista de elétrica, tendo uma <u>visão apenas parcial da situação espacial</u> , precisaria consultar um desenho de elevação da região da escada para perceber que ali as vigas têm altura diferente.
<i>Subida de gás atinge viga invertida. Seria necessário ou um rasgo na viga ou um enchimento novo para vedar o gás.</i>	Construtibilidade	Ambigüidade	O projetista de instalação não consegue perceber claramente a informação de que a viga é invertida, sendo que não haveria o problema se a viga fosse normal. A informação da inversão da viga é um desenho da seção da viga, localizado, em outra parte da folha. Assim, a forma de representação 2D é <u>ambígua</u> , não deixando clara essa condição.
<i>Hall: Atenção na disposição da parede da porta corta fogo: terá de abrigar prumada com tomada alta, prumada com botoeira, prumada com iluminação de emergência.</i>	Compatibilidade	Simbolismo	A quantidade de pontos na parede não foi devidamente analisada pelo projetista. Em geral isto está relacionado ao tipo de <u>simbolismo</u> utilizado pelo projetista de instalações elétricas que não traduz a real dimensão dos pontos, levando à interpretação errônea das interferências geométricas presentes no local.





VISTA "C"  
ESC. 1:20

Figura 2 – Vista "C": detalhe de hidráulica.

Na Figura 3, o detalhe em planta, da mesma situação, também apresenta omissão dessa peça de fixação. Esta peça interfere com as tubulações AF e AQ, conforme indicado, sendo necessário estudar uma nova distribuição interna no shaft. O modelo em 3D (Figura 4a) apresenta a situação acrescida da peça de fixação do arranjo de tubulação de água quente e fria para o chuveiro. Ao acrescentar as guias e montantes de fixação da estrutura para a parede em gesso acartonado (Figura 4b) é possível perceber a necessidade de se deslocar as tubulações e a fixação para o conjunto do misturador de água do chuveiro.

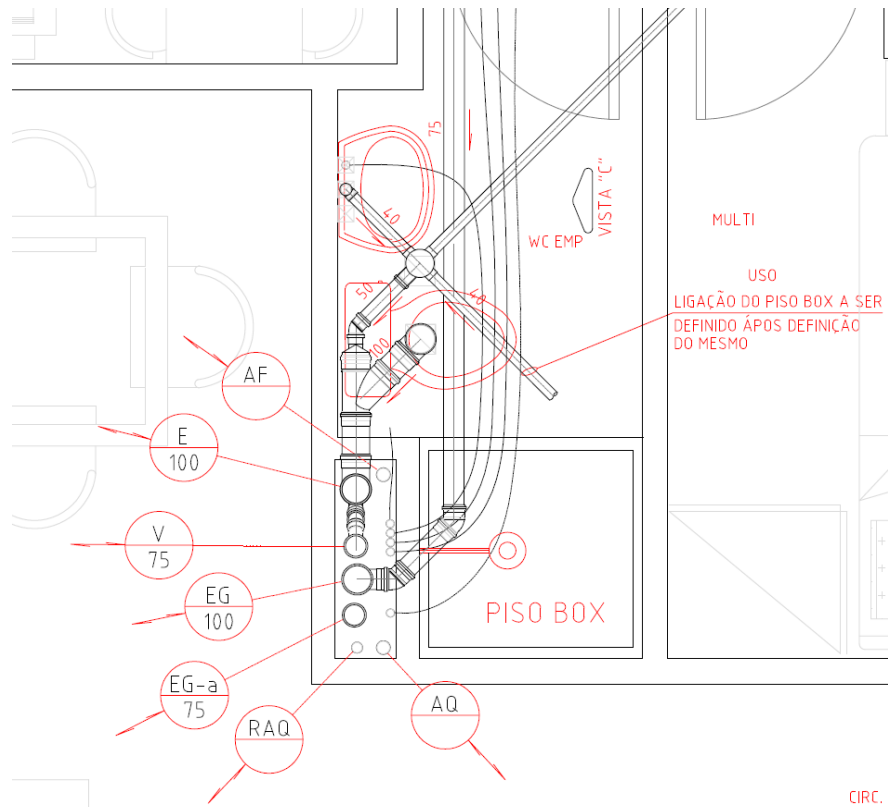
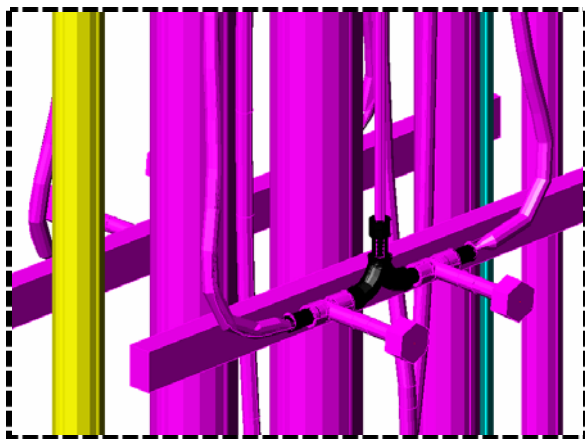
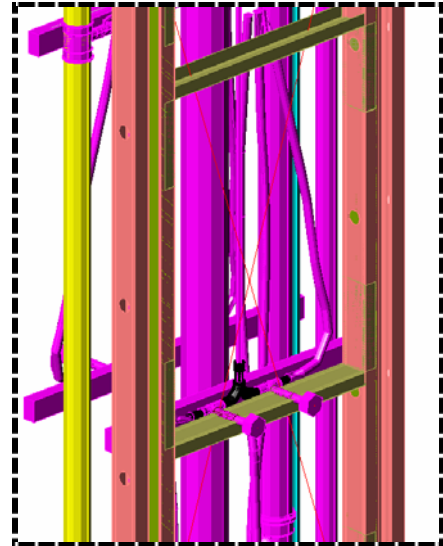


Figura 3 – Detalhe em planta de instalação hidráulica.



a) Detalhe da peça de fixação das tubulações drywall



b) Detalhe com os montantes para drywall

Figura 4 – Modelos em 3D, ilustrando o problema da omissão da peça de fixação do arranjo de tubulação de água quente e fria para o chuveiro e interferência com montantes para drywall

Este exemplo explica dois procedimentos típicos do projeto em 2D: a *omissão* e a *simplificação* da informação, para que o desenho seja legível, em formato impresso, em plantas, cortes e



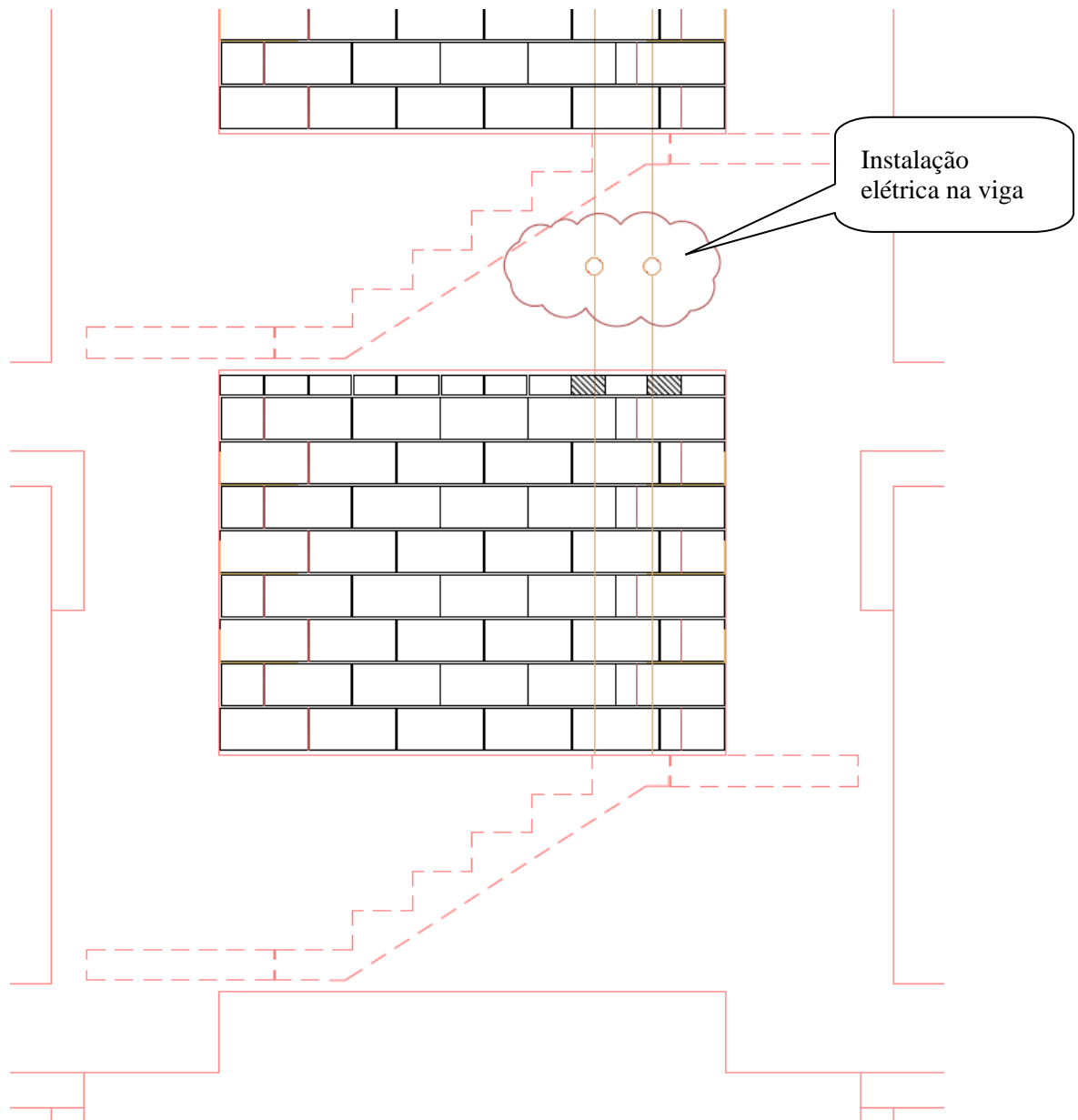


Figura 6 – Elevação obtida a partir do modelo 3D, contendo a seção da escada e as alturas da iluminação de emergência embutida na viga.

Outro tipo de limitação identificado através da análise dos projetos em 2D está relacionado à fragmentação da informação. Plantas, seções e elevações são representadas em desenhos separados e não vinculados, como é característico dos procedimentos na prancheta tradicional. Desta forma, o projetista pode cometer erros alterando a planta e se esquecendo de alterar elevações e seções correspondentes.

A Figura 7 representa uma planta de alimentação de água quente e fria para o bidê e vaso sanitário vindo pelo forro de uma saída da tubulação que também alimenta as pias. A correspondente informação em elevação (Figura 8) apresenta uma solução diferente: a água quente e a água fria vêm por baixo da banheira e passam pela alvenaria, conforme o que foi representado no modelo em 3D (Figura 9).

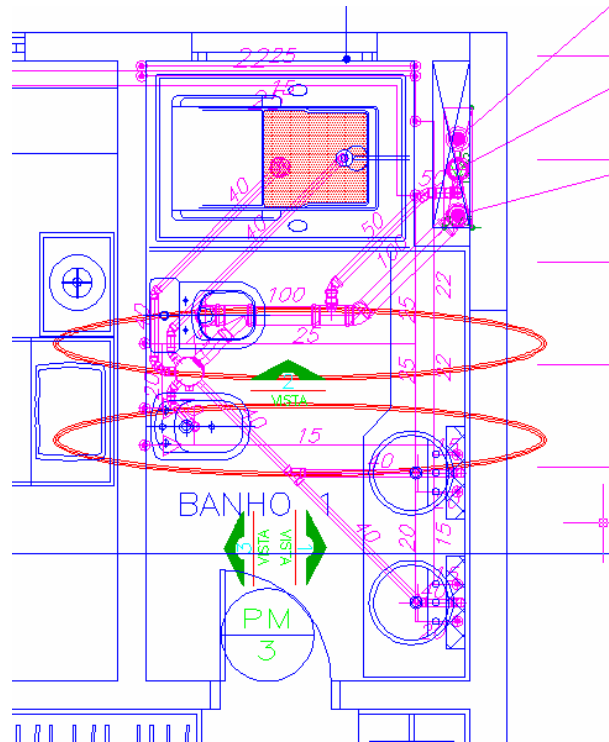
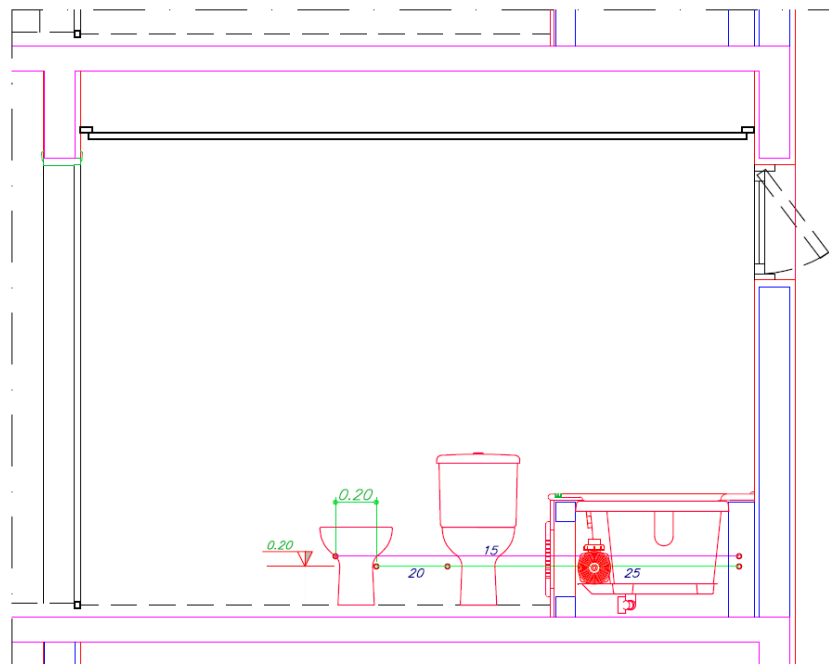


Figura 7 – Em planta, a hidráulica é detalhada passando pelo pavimento inferior, saindo próximo da pia para o vaso sanitário.



BANHO 1 – PAV. TIPO

VISTA 3

ESCALA 1: 25

Figura 8 – Em elevação, o projetista apresenta o detalhe passando pela parede horizontalmente.

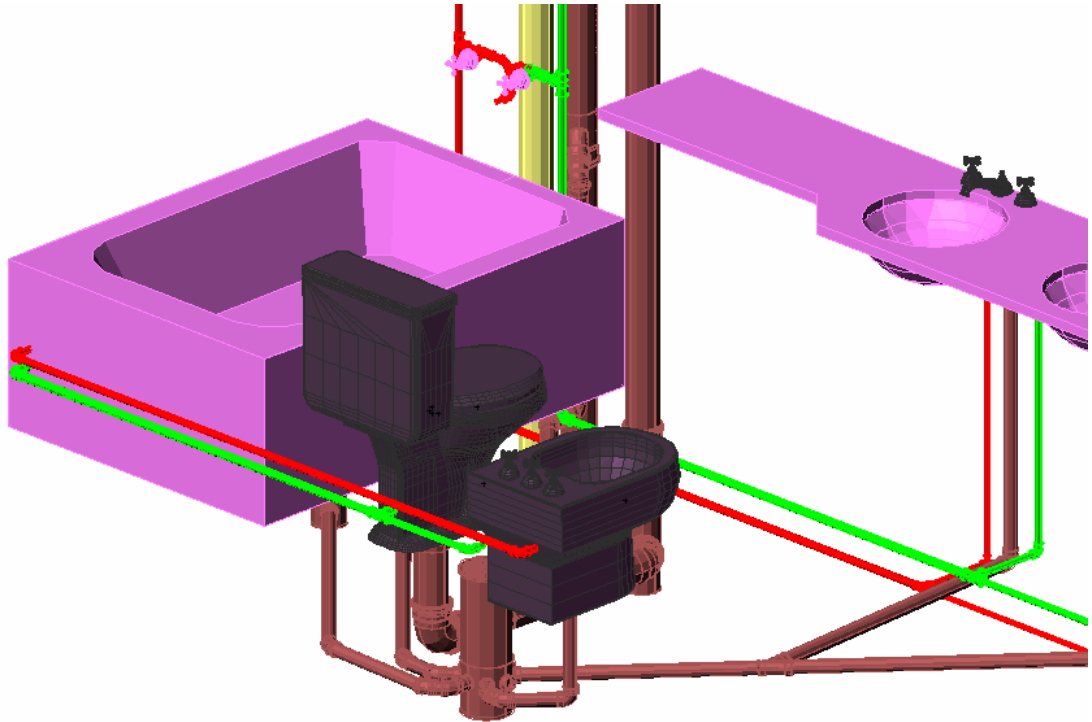


Figura 9 – Representação através do CAD 3D, com a solução integrada de todo o espaço.

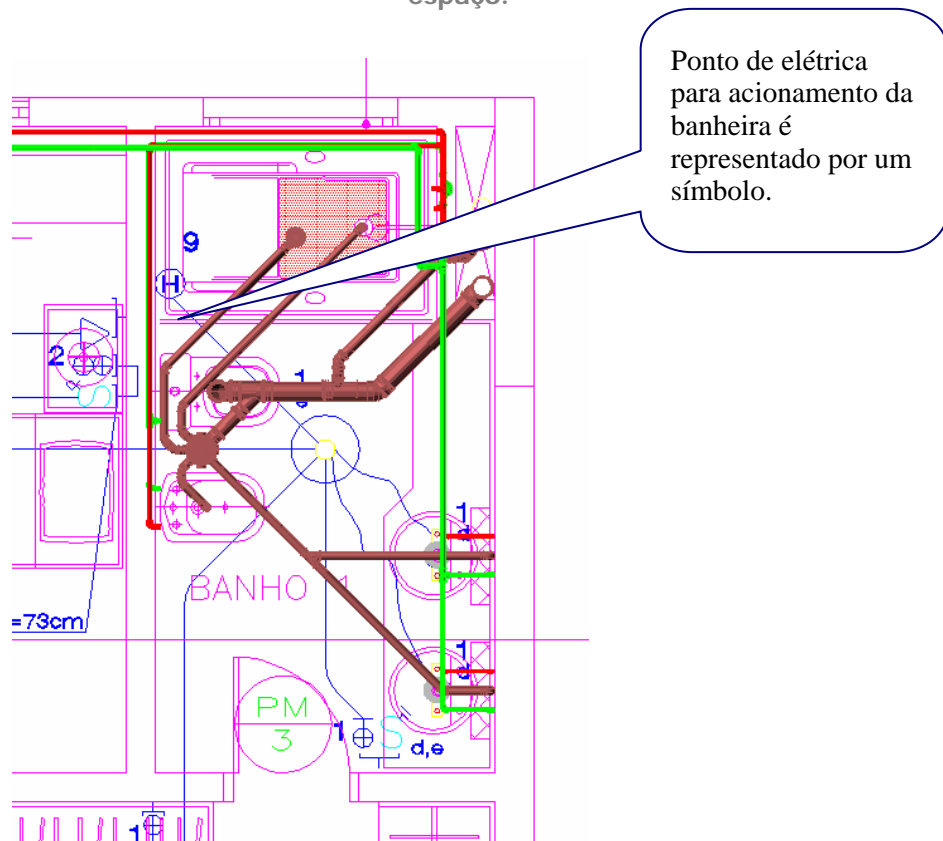


Figura 10 – Representação em 2D da elétrica e hidráulica.

Neste mesmo projeto, quando é inserida a instalação elétrica no modelo em 3D, foi possível perceber outra classe de deficiência da representação bidimensional: o

simbolismo. O projeto de elétrica representa os pontos com símbolos (Figura 10) que podem dificultar a análise do projetista, em função da diferença de forma e dimensão em relação à realidade.

No modelo em 3D (Figura 11), existem quatro caixas para instalações elétricas, que podem ser também observadas em planta na Figura 10, no ambiente à esquerda (dormitório), junto à cabeceira da cama, por símbolos que representam um interruptor a 73 cm, duas tomadas baixas (circuito 2) e um ponto para telefone e, no banho 1, por um símbolo (H) que especifica o ponto para acionamento da banheira de hidromassagem. Nesta mesma parede também passa horizontalmente a hidráulica para alimentar o vaso sanitário e o bidê. Por condição de projeto, as três caixas para uso no dormitório ficarão voltadas para o quarto, enquanto que o ponto de acionamento da banheira coincide com a passagem de hidráulica, em função da especificação de mesma altura para as instalações determinada pelos projetistas de hidráulica e elétrica.

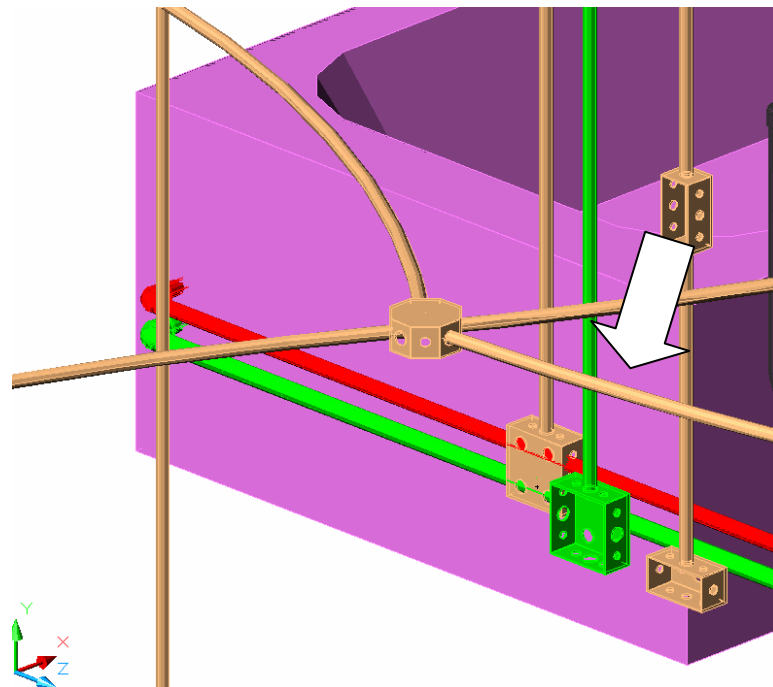


Figura 11 – O padrão de altura da caixa de elétrica interfere com a hidráulica.

## 6 RESULTADOS OBTIDOS

A análise dos problemas identificados no desenvolvimento dos projetos de vedações possibilitou perceber que suas origens não estão relacionadas ao uso da tecnologia CAD, mas às representações típicas do desenho bidimensional. Isto evidencia que a representação bidimensional carrega uma série de limitações que a tecnologia CAD não tem condições de resolver. O CAD 2D, utilizado de maneira análoga ao desenho de prancheta, pode até agravar essas deficiências, como por exemplo através do uso do recurso de “Copy-Paste” em que eventuais erros podem ser replicados com mais facilidade, rapidez e frequência.

**Quadro 3 - Características da representação em 2D que podem gerar problemas de análise no processo de projeto resultantes desta pesquisa (FERREIRA, 2007)**

Característica	Descrição	Exemplo
Ambigüidade	A mesma representação pode ser interpretada de mais de uma forma, mesmo que adicionada de notas, símbolos ou esquemas, em geral em algum ponto do contexto do desenho que pode não ser claramente percebido.	A representação das vigas que estão no mesmo plano ou em níveis diferentes (invertidas), em que essas diferenças são representadas em seções que podem passar despercebidas pelo projetista.
Simbolismo	O objeto é representado por um símbolo cujas dimensões e formas não têm relação com o objeto real que representa.	A indicação dos pontos de elétrica (interruptor, tomada alta ou baixa etc.) usa símbolos fora da proporção com o objeto real que representam, induzindo o projetista a ignorar as relações espaciais reais.
Omissão	Na tentativa de tornar o desenho mais sintético, são omitidas informações consideradas “óbvias” para o especialista que está projetando. Entretanto, para a análise de outros envolvidos, a informação em geral é desconhecida e, por não estar representada, não é levada em consideração. Também pode se caracterizar pela omissão de uma elevação ou corte necessário para a correta interpretação do projeto.	Em um dos problemas identificados, o projetista não representou a peça metálica de fixação do conjunto flexível de água quente e fria do misturador do chuveiro. Para o projetista de hidráulica, era óbvio que aquele conjunto não ficaria no ar. Porém, a interferência com a estrutura para a parede de drywall e a existência de um shaft com tampa removível, apertou a instalação dentro do shaft, quando se considerou a peça de fixação dos misturadores.
Simplificação	O projetista simplifica uma determinada representação, alterando o volume real do objeto ilustrado. Este problema é semelhante ao do simbolismo, porém, diferentemente deste, a simplificação guarda algumas relações de forma e dimensão com o modelo real, porém esta característica não as representa explicitamente.	O projetista de hidráulica freqüentemente representa como uma simples linha ou curvas as tubulações de água quente e fria. Estas tubulações, em geral, têm diâmetros de 40 ou 50 mm, praticamente a metade da dimensão da tubulação de esgoto (de 100 mm). Em espaços muito restritos, esse tipo de representação sempre compromete a análise das reais ligações entre as diversas peças.
Fragmentação	A fragmentação está relacionada à separação da informação em várias vistas ortográficas (planta, elevação, corte) e pode ser agravada com a eventual representação destas vistas em folhas separadas. O esforço cognitivo é aumentado quando é necessário correlacionar informações representadas em duas vistas diferentes, favorecendo o erro. Esse procedimento é diferente do desenho mecânico, onde as vistas devem sempre ser alinhadas, facilitando a correlação dos detalhes das vistas.	O projetista de elétrica, em um dado projeto, indicou a altura de uma arandela na escada. As vigas da escada nem sempre estão no mesmo nível do pavimento tipo. Para poder compreender o todo e evitar que a arandela acabasse ficando na viga, seriam necessários cortes e ou elevações para o entendimento dos vários níveis.

Também foi evidenciado que os problemas com a representação 2D, potencialmente resolvidos com o emprego do modelagem 3D, podem ser relacionadas a várias categorias (Construtibilidade, Compatibilidade e



Especificação), não se limitando à Compatibilidade. Os problemas de Coordenação têm características de natureza diferente, envolvendo gestão de processos de projeto, que requerem o uso de sistemas de informação.

Através deste estudo de caso, foi possível encontrar evidências de que o processo de desenvolvimento de projetos com o CAD 2D é baseado em inferências sobre informações incompletas ou parciais. Isto também confirma o trabalho feito pelos pesquisadores anteriormente (FERREIRA; SANTOS, 2004) em que se constatou que o projeto feito em CAD 2D é baseado na necessidade de recorrente recomposição mental do espaço 3D, a cada vez que se analisa a representação, tomando mais tempo do projetista.

Na análise dos 18 projetos estudados, chegou-se a um grupo de cinco tipos de problemas recorrentes no projeto desenvolvido em CAD 2D, conforme apresentado no Quadro 3. Neste mesmo quadro são apresentados exemplos que justificam e ao mesmo tempo explicam a interpretação feita pelos pesquisadores.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pelo modelo de Lockhart e Johnson (2000), é possível compreender que a representação 2D seria o último estágio de desenvolvimento do projeto, como representação sintética e consolidada da solução do problema de projeto. Entretanto, o que seria o fim de um processo é utilizado como meio para a identificação do problema, sua análise e solução.

Ao confrontar esse modelo conceitual, que traduz o que idealmente se espera ao se desenvolver projetos, com as características típicas identificadas no processo baseado no método 2D de representação, percebe-se que este impõe limitações muito importantes à análise dos problemas espaciais. A representação em 2D deveria ser a síntese resultante do processo de projeto (documentação) e não a única ferramenta de análise geométrica. Assim, a utilização da representação 2D como processo exclusivo de projeto pode se traduzir em soluções errôneas ou enganosas, pela falta de informação, decorrentes da omissão, da simplificação e do uso de simbolismo, pela ambigüidade ou, ainda, pela combinação de vários fatores que geram uma visão parcial do espaço projetado.

Considerando esses aspectos, a representação tridimensional usada durante o processo de desenvolvimento de projeto pode representar mais completamente a informação espacial, reduzindo abstrações, especialmente na etapa de análise. É interessante observar que a análise é a atividade que está entre a identificação do problema e a documentação final da solução. Esse aspecto torna-se mais importante quando há a necessidade de envolvimento de muitos profissionais e especialidades, que observam o mesmo objeto sob óticas diferentes. Assim, a metodologia de projeto em 3D é mais coerente com o modelo de Lockhart e Johnson (2000), na medida em que a documentação (em 2D) é realizada somente ao final do processo e trata-se de uma etapa simples, que não exige refinamento ou interação (em geral, é realizada de forma semi-automática pelo software de CAD).

## AGRADECIMENTOS

À FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (processo n. 01/13304-0).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO, A. M. A. **Diretrizes e padrões para produção de desenhos e gestão do fluxo de informações no processo de projeto utilizando recursos computacionais.** 2001, 134 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

CODINHOTO, R.; FERREIRA, R. C.. **Elaboração do projeto de vedações integrada ao processo de compatibilização: levantamento quantitativo dos benefícios obtidos.** In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 4., Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2004. 10 p. 1 CD-ROM.

FERREIRA, R. C. **Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações.** 2007. 159p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. **Comparação do tempo de desenvolvimento do projeto de vedações e compatibilização em sistemas CAD 2D e CAD 3D.** In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 4., 2004, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2004, 10p. 1 CD-ROM.

FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T.; CODINHOTO, R. **Comparação entre os resultados de percepção de problemas relacionados à compatibilização geométrica em projetos para produção de vedações, usando CAD 2D e CAD 3D.** In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 2005, São Paulo. Anais. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005, 10p. 1 CD-ROM.

LAUFER, A. **Simultaneous Management: Managing Projects in a Dynamic Environment USA: American Management Association,** 1996. 313 p.

LAWSON, B.; LOKE, S. M. **Computers, words and pictures.** Design Studies. v. 18, n. 2, p.171-183, 1997.

LEE, A. et al. **Developing a vision of nD-enabled construction.** Salford: University of Salford, 2003. 112p.

LOCKHART, S. D.; JOHNSON, C. M. **Engineering design communication: conveying design through graphics.** USA: Prentice-Hall, 2000. 719p.

O'CONNOR, J. T.; YANG, L.-R. **Project Performance versus Use of Technologies at Project and Phase Levels.** Journal of Construction Engineering and Management. V. 130.3, p. 322-329, 2004.

RISCHMOLLER, L. et al. **Impact of computer advanced visualization tools in AEC industry.** In: CONSTRUCTION INFORMATION TECHNOLOGY 2000, TAKING THE CONSTRUCTION INDUSTRY INTO THE 21st CENTURY. Anais. Reykjavik, Iceland: CIB, 2000. p. 753-764.

ROWLINSON, S.; HADIKUSUMO, B. H. **Virtually real construction components and processes for design-for-safety-process (DFSP).** In: CONSTRUCTION INFORMATION TECHNOLOGY 2000 TAKING THE CONSTRUCTION INDUSTRY INTO THE 21st CENTURY. Anais. Reykjavik, Iceland: CIB, 2000. p. 780-788.

SACKS, R. **Evaluation of Economic Impact of Three-Dimensional Modeling in Precast Concrete Engineering.** Journal of Computing in Civil Engineering, V. 18, n..4, p. 301-312, 2004.

SCHMITZ, B. **A transição para 3D: um guia de sobrevivência para usuários do CAD 2D.** Machine Design. Disponível em: <<http://www.solidworks.com/l-ebook-brasil>>: Solidworks Corporation. Acesso em 22 dez/2006. [2006].

ZABELLE, T. R.; FISCHER, M. **Delivering value through the use of three dimensional computer modeling.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCURRENT ENGINEERING IN CONSTRUCTION. Abstracts. Espoo, Finlândia, 1999. Disponível em <http://cic.vtt.fi/cec99/abstracts/zabelle01.html>. Acesso em 22 jan/2005.