

## Conversão de bases CAD para GIS baseada em qualificação e correção geodésica

Jorge Henrique de Castro

UERJ – Mestrado em Engenharia de Computação - Concentração Geomática  
Petrobras - Gás e Energia – Planejamento Estratégico  
Av. Almirante Barroso, 81 33º andar  
23030-003 Rio de Janeiro RJ – Brasil  
jorgecastro@petrobras.com.br

**Resumo** - Adquirir dados para formar a base espacial de um SIG compreende a etapa de maior consumo de orçamento e tempo. Respeitar o modelo definido não consiste apenas na questão da coleta dos dados necessários ao seu preenchimento, mas também a qualidade dos dados. A conversão de bases e mapeamentos vetoriais de acervos existentes constitui alternativa valiosa com relação ao custo e ao tempo de desenvolvimento, quando comparada a uma nova coleta de dados em campo. Os processos devem ser controlados para que a qualidade final não comprometa a pesquisa espacial e a representação nos GIS. Devem ser avaliadas as questões relacionadas à pré-qualificação de dados, auditoria do produto convertido e as edições posteriores, sejam estas gráficas ou alfanuméricas. Este trabalho propõe um modelo de conversão com ênfase na correção geodésica, avaliando os pontos fortes e fracos desta proposta.

**Palavras chaves:** Conversão, CAD e GIS.

**Abstract** - The data acquisition to spatial base GIS construction is the most time and money consuming stage. In order to respect the established model comprehend not only the data acquisition but also its quality. The use of vector bases and vector mapping from the conversion of previous data constitutes a valuable alternative to the field data collect, mainly if we compare the relation cost versus time. It is necessary to control and evaluate all the process in a way that the final quality does not compromise the spatial queries and the GIS representation. In this approach must be included points related to data pay-qualification, product conversion auditor and the next mapping editions. This paper presents a proposal of model to conversion process taking in account the geodesic correction and trying to evaluate some problems that must be considered in this activity.

**Keywords:** Conversion, CAD and GIS.

## 1 – Introdução.

A criação de bases de dados é certamente o item de maior custo na formação de um sistema de informações geográficas. Porém é evidente a carência de cartas topográficas de boa qualidade no que tange a atualidade do conteúdo, seja com relação a questões gráficas ou referências textuais (provável domínio das bases de dados GIS). Isto se potencializa em bases cartográficas urbanas pelas características particulares de elevado número de planos de informações e a dinâmica urbana.

Em função disto a possibilidade de utilizar materiais cartográficos já existentes pode representar um retorno positivo na relação tempo x custo x benefício; e neste contexto a grande quantidade de bases cartográficas originadas em sistemas de *Computer Aided Design* (CAD) é uma excelente fonte de dados para, a partir de processo de conversão, serem transformadas em bases GIS.

Torna-se necessário entender e ter clareza sobre o resultado final esperado, ou seja, o material digital resultante do processo. É necessário ter bem especificado os objetivos pretendidos com a base que se está formando, bem como suas características físicas de produção: tolerâncias (erros máximos permitidos para as medidas e quantidades), formatos (topologias permitidas para os variados níveis) e modelo de dados (atributos e domínios).

Este trabalho tem como objetivo propor uma metodologia para a geração e manutenção de uma cartografia urbana a partir de conversão de bases originadas em CAD para formatos de bancos de dados GIS.

## 2 - A conversão a partir de bases CAD.

Pode-se caracterizar a conversão de dados como sendo a atividade de transformação de um produto, com determinada característica particular, como por exemplo, uma base cartográfica em papel de uma área "A" qualquer, para um segundo produto baseado nesta origem, gerado, por exemplo, por digitalização.

Os sistemas baseados em CAD foram adotados em grande escala nos processos de criação e conversão de bases cartográficas para GIS, entretanto não são sistemas preparados para gerenciar as relações espaciais entre os dados. Apresentam limitações para a organização e para o armazenamento de entidades e desta forma não permitem manipulação das entidades e gerenciamento entre os níveis de informações, ou seja, as relações de integridade dos dados oriundos de bases CAD e posteriormente convertidos para GIS são difíceis de serem garantidas (Davis, 1994).

Estas limitações geram diferenças entre a informação para a utilização do GIS e aquela que o sistema CAD é capaz de produzir. A separação de entidades gráficas em níveis (*layer's*) adotados nos CADs não corresponde à estrutura de meta-dados adotado nos bancos de dados GIS. Porém, em processos de conversão, usualmente se faz analogia entre estes níveis. Entretanto a liberdade de gerenciamento e edição existente nos CADs não garante que em determinado plano de informação só existam dados inerentes a este plano.

Outra limitação está relacionada com o gerenciamento da topologia entre objetos o qual não é exigido em um ambiente CAD (Davis, 1994). Ainda conforme Davis (1994) existem diversos processos de conversão em ambiente CAD, são eles:

- a) A conversão de cartas em papel para formato digital a partir do uso de mesas digitalizadoras, que é reconhecidamente o mais tradicional dos processos de conversão.
- b) Produção de vetores a partir da digitalização sobre fotos aéreas com a utilização de estéereorestituidores.
- c) Vetorização automática ou semi-automática a partir da detecção de linhas em imagens e a sua transformação em vetores.
- d) Digitalização diretamente sobre a tela utilizando como fundo uma imagem raster da planta original ou processo de *heads-up-digitalizing*.

## 3 - Características das bases CADs.

As bases digitais, em sua grande maioria, já são originadas a partir de algum tipo de processo de conversão. Esta particularidade por si só já é uma potencial fonte de erros, principalmente com relação à

questão da acuracidade gráfica e de posicionamento. Isto se deve ao fato de que basicamente todos os processos são baseados em algum tipo de interpretação, seja esta humana ou automática, e neste caso sempre contém algum tipo de decisão a ser tomada na confecção da carta.

A maioria das conversões de bases geradas em CAD para GIS significa na verdade, uma segunda conversão, pois a primeira normalmente trata de uma digitalização visto que as fontes existentes são analógicas. Com relação a isto ressalta-se que de forma diferente da conversão primária, no processo de transformação CAD-GIS as atividades de edição destinam-se em sua maioria a correção de erros originados na conversão primária e mesmo assim muitas das vezes estes erros somente serão observados quando o produto final já se encontra no formato GIS. Esta característica se estende à questão do georreferenciamento.

#### **4 - A Cartografia Urbana.**

A atualização da cartografia contida em bases de dados urbanas é uma atividade crítica, pois tem reflexos sobre toda a gama de aplicações de sistemas de informações geográficas utilizados por prefeituras, empresas de logística e de utilidades. Manter este tipo de base é custoso, pois a dinâmica urbana aliada ao número elevado de informações exige atividade constante sobre o mesmo. Isto se acentua pelo fato de que as informações são provenientes de diversas origens, em diversas épocas diferentes e com diversos métodos de coleta e manutenção (Davis, 1995).

Conforme Davis (1995) é necessário levar em consideração os seguintes fatores quando da utilização das classes de informações contidas em uma base de dados:

- Periodicidade da geração e atualização dos dados,
- Método de obtenção,
- Fonte,
- Responsável pela obtenção da informação,
- Responsável pela atualização da base de dados,
- Escopo e abrangência da atualização.

#### **5 – Meta-dados.**

Em função da existência de grande número de classes de informações torna-se pré-requisito ao desenvolvimento de qualquer processo de atualização / confecção de base de dados o estabelecimento de um meta-dados. Cada plano de informações tem exigências particulares quanto à periodicidade da atualização da informação (Davis, 1995). Mesmo em um processo de conversão a quantidade de erros máximos admitidos, ou de falta de informação, deverá ser determinada para que se possa após a conversão identificar as atividades específicas para atingir o grau de qualidade mínimo necessário ao funcionamento das aplicações sem comprometimento à credibilidade da base de dados.

Davis (1995) alerta que em função dos GIS não oferecerem recursos para o registro de versões anteriores dos objetos tornava-se necessário um esforço adicional para registro histórico da informação de forma que com a alteração de uma determinada região à situação imediatamente anterior não se perdesse.

#### **6 – Tolerâncias.**

O produto final esperado deverá apresentar as características mínimas necessárias ao correto funcionamento das aplicações estabelecidas. Para tal torna-se necessário avaliar quais são os limites máximos de erros permitidos para cada uma das informações que estarão sendo obtidas. No caso de cartografias urbanas podem se citar como principais tópicos a serem controlados, os seguintes itens: entidades gráficas, endereçamento e banco de dados.

- A) ENTIDADES GRÁFICAS – CONSISTE EM AUDITAR A EXISTÊNCIA DAS CAMADAS DO MODELO DE DADOS (ENTIDADES GRÁFICAS) E SEU REAL POSICIONAMENTO, BEM COMO A PADRONIZAÇÃO GRÁFICA DE CADA UM DOS ELEMENTOS (SIMBOLOGIA, LINHAS, ETC.). ENTENDE-SE QUE PARA EXISTIR NO BANCO DE DADOS, O ITEM DEVE CONSTAR NAS CAMADAS DO MODELO CONVERTIDO E NO CAMPO, E QUE POSICIONAMENTO É A REFERÊNCIA DE DESLOCAMENTO MÁXIMO ENTRE A LINHA DE CENTRO DO ELEMENTO REAL E A SUA CORRESPONDÊNCIA GRÁFICA (DESENHO). PODE-SE VERIFICAR A DETERMINAÇÃO DAS TOLERÂNCIAS CONFORME A TABELA 1.**

Tabela 1 – exemplo de tolerâncias aplicadas às camadas do banco de dados

| N | Camadas                       | Tolerância de não<br>Existência | Tolerância de<br>posicionamento |           |
|---|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------|
|   |                               | Erro Máximo                     | Erro máximo                     | Valor (m) |
| 1 | Acidente geográfico           | 5%                              | 5 %                             | 5         |
| 2 | Aglomerados                   | 5%                              | 5 %                             | 5         |
| 3 | Alinhamento predial existente | 5%                              | 5 %                             | 5         |
| 4 | Alinhamento predial planejado | 5%                              | 5 %                             | 5         |
| 5 | Setor censitário (*)          | 3%                              | 5 %                             | 5         |
| 6 | Divisa de Lote                | 10%                             | 10 %                            | 5         |

- B) ENDEREÇAMENTO – CONSISTE EM VALIDAR QUANTITATIVA E QUALITATIVAMENTE OS ITENS RELACIONADOS COM A LOCALIZAÇÃO DE UM ENDEREÇO. ESTA VERIFICAÇÃO É FEITA JUNTO COM A PARTE GRÁFICA, PORTANTO DEVE REFLETIR O REAL ENDEREÇAMENTO DO PONTO DE MERCADO. PODE-SE VERIFICAR A DETERMINAÇÃO DAS TOLERÂNCIAS CONFORME A TABELA 2.**

Tabela 2 exemplo de tolerâncias aplicadas aos itens de endereçamento.

| N | Camadas                                             | Tolerância de não<br>existência e validade<br>dos códigos |
|---|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|   |                                                     | Erro Máximo                                               |
| 1 | Tipo do logradouro                                  | 0%                                                        |
| 2 | Título do logradouro                                | 0%                                                        |
| 3 | Nome do Logradouro                                  | 0%                                                        |
| 4 | Segmento de logradouro                              | 0%                                                        |
| 5 | Segmento logradouro – N° início e fim, par e ímpar. | 5 %                                                       |

- C) BANCO DE DADOS – CONSISTE EM VERIFICAR A QUALIDADE DO PREENCHIMENTO DOS DOMÍNIOS DOS ATRIBUTOS DETERMINADOS NO META-DADOS. DE FORMA PRÁTICA, DEVERÁ SER VERIFICADA A EXISTÊNCIA DE DUPLICIDADES DE FEIÇÕES ASSOCIADAS A UM MESMO CÓDIGO, A CORRETA UTILIZAÇÃO DO DOMÍNIO (GRAFIA E PERTINÊNCIA) E A CORRETA ASSOCIAÇÃO DOS DOMÍNIOS AS FEIÇÕES. PODE-SE VERIFICAR A DETERMINAÇÃO DAS TOLERÂNCIAS CONFORME A TABELA 3.**

Tabela 3 – exemplo de tolerâncias aplicadas codificação do banco de dados.

| N | Camadas                      | Tolerância de não<br>Existência / duplicidade<br>de códigos | Associação gráfica<br>Alfanumérica |
|---|------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|   |                              | Erro Máximo                                                 | Erro máximo                        |
| 1 | Setor censitário (*)         | 0%                                                          | 1%                                 |
| 2 | Eixos de logradouros (*)     | 0%                                                          | 0%                                 |
| 3 | Limite de bairro (*)         | 0%                                                          | 1%                                 |
| 4 | Ponto de mercado (*)         | 0%                                                          | 5%                                 |
| 5 | Segmentos de logradouros (*) | 0%                                                          | 0%                                 |

Em especial chama-se a atenção, no caso de bases urbanas, para o cadastro de logradouros e sua

correspondência gráfica. Na maioria das aplicações voltadas ao trato urbano o cadastro de logradouros é chave candidata à primária, e desta forma o meta-dados

## 7 – Qualificação das cartografias

Existem três tipos básicos de atividades a serem realizadas na atividade de qualificação das bases (Castro, 2003):

- Verificação geodésica das bases - conferir o posicionamento das toponímias existentes na base a ser convertida de acordo com a especificação do produto esperado, atendendo as tolerâncias de posicionamento estabelecidas.
- Verificação da atualidade das toponímias dos MUB's - verificar a presença e a atualidade das toponímias existentes na base a ser convertida tendo como referência os domínios estabelecidos na especificação do produto esperado atendendo as tolerâncias de existência estabelecidas
- Verificação da atualidade dos dados de logradouros - verificar a quantificação e atualidade dos atributos que formam o cadastro de logradouro, comparando as informações textuais de logradouros contidos nos desenhos CAD com a realidade de campo e com o cadastro da instituição.

Na figura 1 tem-se um exemplo de uma qualificação para conversão de uma cartografia em CAD, conforme proposto por Lima e Derani (2004). Neste exemplo mostra-se o resultado (temático) de uma avaliação do erro posicional (por classes) que permite verificar regiões de mapeamento que deverão ser editadas em até 400 m de deslocamento dos vetores para a sua posição real.

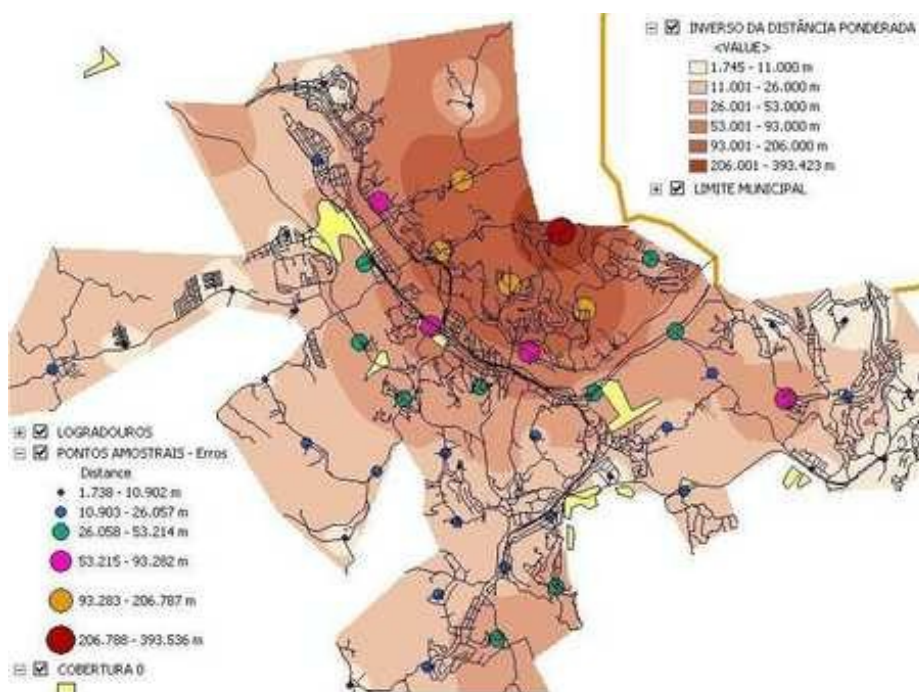


Figura 1 – Erro geodésico determinado pelo inverso da distância ponderada.

Com relação às classes é importante a avaliação dos intervalos de crescimento do erro. Quanto maiores os desvios, mais intervalos devem ser criados para que, em uma definição de áreas para correção geodésica, não se crie a possibilidade de introdução de erros taxonômicos. Ou seja, se a diferença entre intervalos for muito grande não basta corrigir a área com o maior erro verificado ou fora do limite de tolerância pré-definido, pois a sua correção irá criar uma torção com relação ao estágio de erro imediatamente anterior.

## 8 – O Processo de conversão

Utilizando como referência uma base cartográfica gerada em CAD com as características da figura 2, o trabalho inicial seria transformar as entidades gráficas básicas (logradouros, quadras, hidrografia, ferrovias, acidentes geográficos, edificações de destaque e etc...) do formato CAD para GIS obedecendo ao modelo de dados criado. Após as entidades terem sido convertidas, passa-se a fase de preencher os meta-dados. Utilizando as figuras 2 a 4 apresenta-se o passo a passo destas atividades (Diniz, 2004):

1. Geocodificar os lotes - criar pontos representativos para as edificações e editar as respectivas numerações das edificações.
2. Geocodificar logradouros – inserir os atributos de identificação do logradouro (código, tipo, nome, etc...).
3. Segmentar o logradouro – quebrar os logradouros em segmentos ou trechos.
4. Geocodificar o segmento do logradouro – inserir o atributo de sequência dos segmentos.
5. Topologia Nodal – identificar as interseções e parametrizar os nós.
6. Geocodificar Quadras - inserir os atributos de identificação das quadras (código, nome, etc...).
7. Desdobrar endereços – a partir do lote criado, estruturar o endereçamento de forma a identificar as unidades imobiliárias individuais.
- 8.

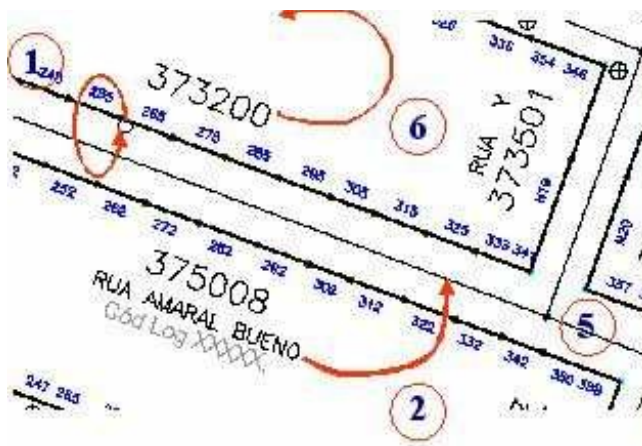


Figura 2 – Exemplo de base CAD e geocodificações.



Figura 3 – Segmentação dos logradouros.

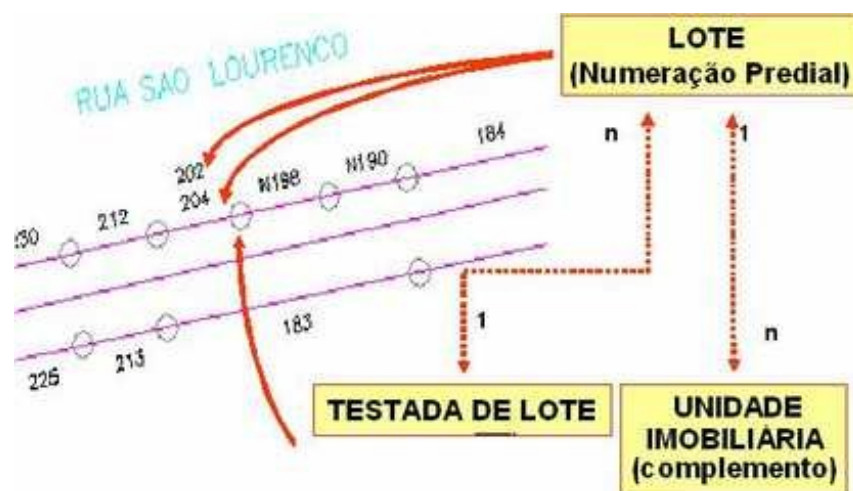


Figura 4 – Desdobramentos imobiliários.

Em função do grau de desatualização do mapeamento, ações como parametrização dos nós (sentido, direção) ou ajuste de numerações (inclusão, modificação) demandarão atividade de campo. Porém tais atividades somente devem ser realizadas após a atualização geral das toponímias para evitar re-visitas a campo.

Davis (1994) cita que os textos gráficos assumem frequentemente um papel meramente decorativo porque são geralmente fragmentados para uniformizar a distribuição no mapa dificultando seu aproveitamento no GIS. Porém cabe salientar que é aonde se encontra a maioria dos domínios que irão compor o meta-dados, e desta forma devem ser aproveitados.

## 9 – Ajuste geodésico e edição vetorial

As etapas de ajuste geodésico e edição vetorial tratarão do problema relativo às edições necessárias para completar a base convertida no produto final dentro da especificação de requisitos mínimos necessários ao sistema. Pode-se verificar a existência de 4 atividades inerentes a esta etapa:

1. Cobertura fotogramétrica – prover uma imagem atualizada da área convertida como referência para atualização cartográfica e dos planos de informações.
2. Correção geodésica – ajustar o posicionamento das entidades convertidas ao DTM da imagem de referência.
3. Adequação de feições – completar e atualizar os planos de informações com base na imagem de referência.
4. Levantamento de campo – levantar em campo as informações complementares (domínios) para completar os meta-dados.

Em Vergara (2002) é apresentada uma metodologia completa de atualização cartográfica. O processo proposto neste trabalho em muito se assemelha à proposição descrita por Vergara (2002) no que tange às atividades previstas. Entretanto Vergara (2002) assume como ponto inicial a aquisição da base de dados desatualizada a partir da digitalização de cartas antigas. Neste trabalho temos como origem bases digitais em formatos de sistemas CAD e que sofreram inserção e propagação de erros a partir dos processos de edição e manutenção das mesmas ao longo do tempo, vindo a necessitar de uma atividade de qualificação para determinação dos graus de desatualização das mesmas.

Com base nas figuras 5 a 7, pode-se verificar a comparação entre a base convertida e sua correspondente imagem atualizada. É possível notar com clareza erros de dimensão, posicionamento e representação na base CAD convertida.



Figura 5 – Base CAD a converter



Figura 6 – Sobreposição da base CAD a imagem de referência.



Figura 7 – Exemplo de ajustes geodésicos a serem realizados.

Independente das dificuldades citadas o importante para esta etapa é a existência de uma fonte com boa qualidade para referência (imagem), de forma que em um futuro distante não se torne necessário refazer

esta atividade ao se constatar algum erro com a fonte utilizada para base de comparação.

Com relação ao trabalho de Vergara (2002) sugere-se uma alternância do processo de atualização. No referido trabalho a atualização da base de dados se dá pela foto-interpretação e digitalização na tela, seguida do levantamento de campo e com termino no ajuste e poligonação dos dados vetoriais atualizados. No processo descrito neste documento tomou-se como referência que a atividade mais custosa é a de campo, e desta forma deve ser deixada por último para que assuma um papel de tratar inconsistências, verificar a qualidade do produto convertido e complementar o meta-dados.

O processo proposto por este trabalho segue o fluxo indicado na figura 8.



Figura 8 – Fluxo do processo de conversão baseado em correção geodésica.

Neste processo a primeira atividade pós-conversão e aquisição da imagem de referência é a da correção geodésica, ou seja, ajustar o mapeamento existente a sua real posição sem a edição de novos vetores. Em seguida vem a atividade de adequação de feições, onde devem ser realizadas as operações de ajustes de linhas e poligonação necessárias para definir a topologia e viabilizar que cada entidade representada seja corretamente associada a seu correspondente plano de informações (Vergara, 2002).

Ainda na fase de adequação de feições, a foto-interpretação tem papel primordial na atualização da base convertida; pois desta etapa resultará um subproduto quase que totalmente atualizado em termos gráficos. Deve-se tentar ao máximo, em função de custos, reduzir a quantidade de atividades de campo e neste caso a foto-interpretação é preponderante, pois deixa para o levantamento somente edições de entidades ou planos de informação que não conseguiram ser realizados a partir da imagem.

Por último deve-se realizar um levantamento de campo para conferir a natureza das feições cuja classificação ainda estava indefinida (Vergara, 2002) e coletar as informações que permitiram completar a atualização dos planos de informações no que tange o seu domínio.

## 10 – Conclusão

A qualificação prévia da base cartográfica tem como objetivo fornecer um diagnóstico da qualidade do material de referência. Isto permite avaliar o que pode atender de forma imediata aos requisitos

especificados para o sistema e desta forma prover, de forma controlada, o fornecimento de subprodutos intermediários que permitam explorar a potencialidade das aplicações especificadas, mesmo que não em sua totalidade. De forma simples o resultado da avaliação inicial do material fornecerá um horizonte para a tomada de decisão, principalmente com relação à necessidade de se procurar novas fontes de dados descartando ou não o material CAD existente.

A decisão de conversão deve ser baseada em pelo menos três quesitos, a saber:

- Variação do custo em função da qualidade do mapa CAD.
- Tempo para o produto final com a qualidade desejada em função do número de etapas.
- A quantidade de etapas intermediárias que deverão ser gerenciadas.

Os três pontos citados são conseqüências diretas da qualidade da base CAD e estão intimamente relacionados e por isto a qualificação permitirá tecer um cenário para o apoio à decisão quanto à utilização da referida base CAD.

Conforme citado no item 7 a avaliação das classes de erros geodésicos é de grande importância, pois uma análise prematura pode levar a incorrer em um risco quanto à variação dos custos e do tempo previstos originalmente.

A possibilidade de serem determinadas menos áreas a serem trabalhadas do que o necessário pode levar a re-trabalhos. Por exemplo, assumir que em uma determinada área "A" somente se precisa da adequação de feições e levantamento de campo sem a necessidade da correção geodésica e, quando gerado o produto final, verificar-se que foram geradas torções exageradas entre as áreas contíguas, vindo a comprometer as atividades de análise e demandando uma nova atividade de edição.

## 11 – Bibliografia

- [1] **Davis Jr. C. A.; Fonseca, F. T.** *Geração de dados em CAD para uso em GIS: Precauções*. In Anais do GIS Brasil'94, Seção SIG e Conversão de Dados, p. 43-47, Curitiba, PR, 1994.
- [2] **Vergara, O. R.; Cintra, J. P.; D'Alge, J. C. L.** *"Atualização cartográfica integrando técnicas de Sensoriamento Remoto, Processamento de Imagens e Sistemas de Informação Geográfica"*. X Simpósio Latino Americano de Percepción Remota, La Paz, Bolívia, 2002.
- [3] **Davis Jr., C; A., Zuppo, C.A.** *Atualização de bases geográficas urbanas: metodologia e desafios*. In: Anais do XVII Congresso Brasileiro de Cartografia, Sociedade Brasileira de Cartografia, Salvador, BA, 1995.
- [4] **Castro, J.H.** *Especificação técnica para Qualificação de Bases Rev1 – Projeto Geocorp - Telemar*. 2003.
- [5] **Lima, L; Derani Jr., A.** – *Qualificação de bases de dados geográficos*, In: Anais do GIS Brasil 2004, Seção Dados geográficos , 128, São Paulo, SP, 2004.
- [6] **Diniz, C.** *Especificação de Conversão de Bases CAD para GIS*. Digicadd. Belo Horizonte, MG. 2004.