

VALIDAÇÃO DE BASES CARTOGRÁFICAS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DE ORIGINAIS CARTOGRÁFICOS CONVENCIONAIS

Julio Cesar Silveira ¹
Edilce Figueiredo Burity ²

¹ Lasersul Ltda - juliocesarjs@netscape.net

² Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE
Unidade Estadual de Pernambuco - UE/PE
Supervisão de Bases Territoriais - edilce@ibge.gov.br

RESUMO

Apresenta-se neste trabalho uma sistemática para a validação de bases cartográficas, com operações automáticas e assistidas pelo operador, visando tanto a avaliação da fidelidade aos requisitos e especificações, como a carga de atributos semânticos e o armazenamento segundo uma estrutura flexível e dinâmica. Enfocando, neste contexto, os produtos do mapeamento sistemático do território nacional, seguido do conjunto de normas aplicáveis à esses produtos e, em complemento, normas internacionais relativas à qualidade de dados espaciais.

Palavras-chave: Validação, Qualidade, Padronização.

VALIDATION OF CARTOGRAPHIC DIGITAL BASE FROM ORIGINAL CARTOGRAPHIC

ABSTRACT

This paper, presented one systematic for validation of cartographic bases, with automatic operations and attended by the operator, seeking the evaluation of the fidelity to the requirements and specifications, load of semantic attributes and storage in a dynamic and smart structure. Focusing, in this context, the products of the systematic mapping of the national territory, followed by the group of applicable norms to the those products and, in complement, relative international quality norms for spatial data.

Keyword: Validation, Quality, Standardization

1. INTRODUÇÃO

Com a evolução da micro-informática nos anos 80 e o surgimento de software de *Desktop Mapping*, cada vez mais amigáveis e adaptáveis às necessidades dos usuários e produtores, as instituições do Sistema Cartográfico Nacional (SCN) partiram para estudos, definição e implantação de sistemas de produção cartográfica apoiados no computador, almejando a implementação de Sistemas de Informações Geográficas.

Considerando a diversidade de tecnologias oferecidas pelo mercado e a pluralidade de escolas e de metodologias de produção, as iniciativas de modernização foram concebidas e implementadas individualmente em cada uma dessas instituições; não existiu uma maior interação entre elas e, cada uma acertou e errou de forma solitária. Muitos produtos de *softwares*, que a partir de seus prospectos e tutoriais tornariam a arte e a ciência de produzir cartas, algo simples e rápido, após sua instalação e início de operação, se mostraram complexos, caros e morosos.

O resultado é que hoje, passadas quase duas décadas das primeiras iniciativas, se analisarmos a situação sob o ponto de vista da produção, intercâmbio e disseminação de produtos cartográficos convencionais e digitais, podemos considerar que o progresso é tímido e lento.

O fato de termos várias iniciativas individuais, com pouca sinergia entre órgãos interessados, produziu uma enorme quantidade de arquivos digitais com carência de padronização (mesmo dentro da própria instituição produtora), de integração, disponibilidade e de fidelidade aos requisitos e especificações. Este fato, na maioria das situações, impossibilita até mesmo a verificação da qualidade e validação das informações. Os metadados ou não foram armazenados, ou foram e de forma incompleta.

Como exemplo a Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, onde desde a década de 80, existe a preocupação com a definição de parâmetros e especificações para a produção e validação de produtos cartográficos em meio digital. Diversos projetos foram desenvolvidos e resultados alcançados, inclusive em convênios com outras instituições. Ao longo da década de noventa, em convênios com a Companhia Paranaense de Energia Elétrica - COPEL, o projeto do Sistema de Vigilância da Amazônia - SIVAM, o Projeto FUNDESCOLA/MEC, conjuntos de produtos foram concluídos; e a medida que novas situações e demandas eram apresentadas, a metodologia foi aperfeiçoada, sem, contudo, compatibilizar os conjuntos de dados já concluídos. Essas modificações foram introduzidas nas tabelas de feições, provocando a incompatibilidade entre versões da Mapoteca Topográfica Digital – MTD (Figura 1). A MTD é uma biblioteca de produtos digitais do mapeamento topográfico sistemático. A incompatibilidade entre as versões dessa biblioteca, impossibilita a integração das bases até que seja concluído o *upgrade* dos conjuntos de dados obtidos nas diferentes versões da MTD.

Alcançar o objetivo de integrar bases com características heterogêneas dentro da mesma instituição é uma tarefa complexa e demorada. É fácil deduzir que compatibilizar bases de instituições diferentes multiplica a complexidade. O uso intenso de automatização, visando minimizar a interatividade, é a única forma de concluir o processo em um prazo compatível com as necessidades dos usuários. Por outro lado, é impossível imaginar um Sistema de Informações Geográficas, na escala do mapeamento sistemático, sem a integração das bases; constituindo-se em fator estimulador de ações no sentido de buscar a integração e interoperabilidade.

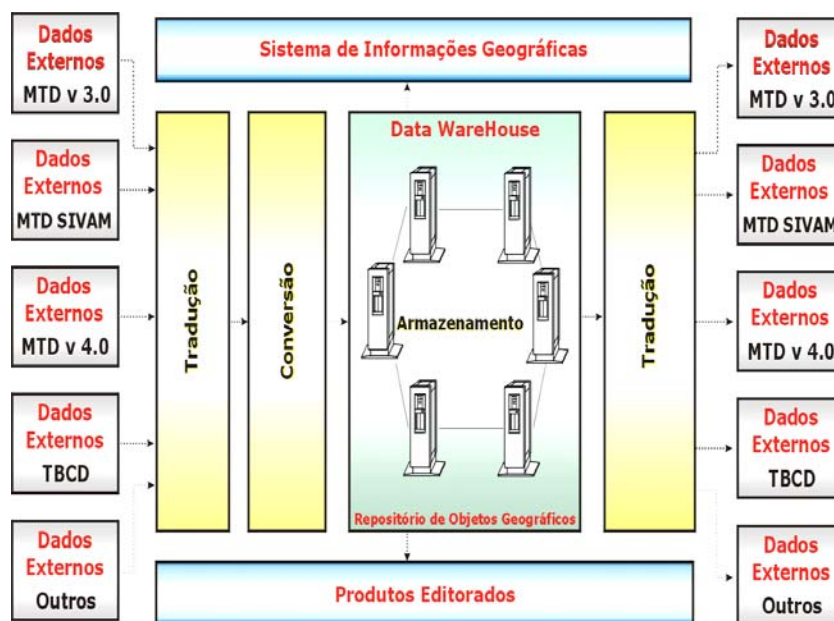


Figura 1 – Fluxograma

Neste trabalho apresentamos a experiência obtida na compatibilização entre bases cartográficas produzidas a partir das versões 3.0 e 4.0 da MTD do IBGE. Esta experiência foi adquirida a partir de 1998, visando a produção do Mapa Municipal Vetorial (MMV), para a coleta do Censo 2000. O sistema está operacional e será utilizado para a produção dos MMV no Censo Agropecuário 2006 e Contagem da População 2005. Sua estruturação permite a integração de bases produzidas por outras instituições, sendo, porém, necessário o desenvolvimento de interfaces. Essas interfaces constituem-se no estabelecimento de regras para conversão, verificação, validação e armazenamento, considerando as características e peculiaridades de cada conjunto de dados. O sistema utiliza Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados – SGBD, relacional corporativo, visando o encapsulamento e modularização, possibilitando a substituição de componentes sem a desestabilização do sistema ou perda de disponibilidade.

2. ARQUITETURA DE INFORMAÇÕES ESPACIAIS

Considerando o arcabouço de normas e especificações, ainda em fase de estudo e adoção, um sistema que contemple as especificidades de diferentes filosofias de produção e uso da cartografia sistemática, como o Mapeamento Topográfico e Temático (militar, náutico e aéreo), é fundamental que sua arquitetura seja: flexível, de forma a adaptar-se às necessidades e evolução; e consistente para garantia da estabilidade, segurança e disponibilidade.

A solução proposta adota a filosofia de *Data Warehouse* (DW) que é o processo de integração dos dados corporativos em um único repositório a partir do qual os usuários finais podem facilmente executar consultas, gerar relatórios (mapas) e fazer análises (SINGH 1999). É pois, uma tecnologia de gestão e análise de dados. Os dados são organizados e validados no ambiente de produção e depois de revisados e aprovados são armazenados no DW que é o Repositório de Objetos Geográficos (ROG). Uma vez carregados no DW, os objetos geográficos não são passíveis de modificação (*read-only*), permanecendo disponíveis somente para consultas e ao final de seu ciclo de vida são transferidos para o Repositório de Objetos Geográficos Históricos. A Figura 2 apresenta o fluxo do dado considerando uma arquitetura de dados espaciais baseadas em um DW. Demonstra claramente a ênfase na segurança, na abstração dos detalhes de implementação, subordinação às regras de integridade, consistência e independência de plataformas, aplicativos ou sistemas operacionais.

Ao definir uma arquitetura de informações espaciais é fundamental modelar globalmente e em alto nível a instituição, visando o reaproveitamento e a economia de recursos.

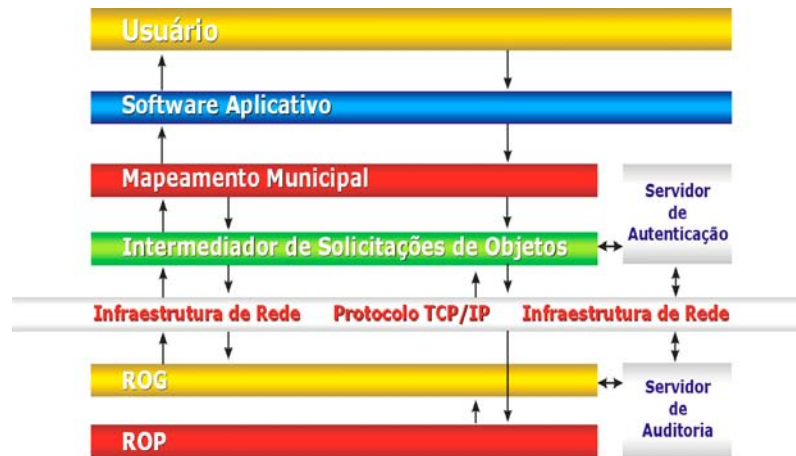


Figura 2 – Infra-estrutura de dados espaciais

O modelo proposto visa atender ao espectro de escalas do Mapeamento Sistemático e à estruturação em categorias e feições, em vigor nos órgãos envolvidos nas definições de padrões e normas nacionais. Visa, também, atender as normas internacionais, particularmente as relativas à qualidade e interoperabilidade de informações espaciais como as normas ISO TC 211, CEN/TC 287 e Metadados (padrão FGDC).

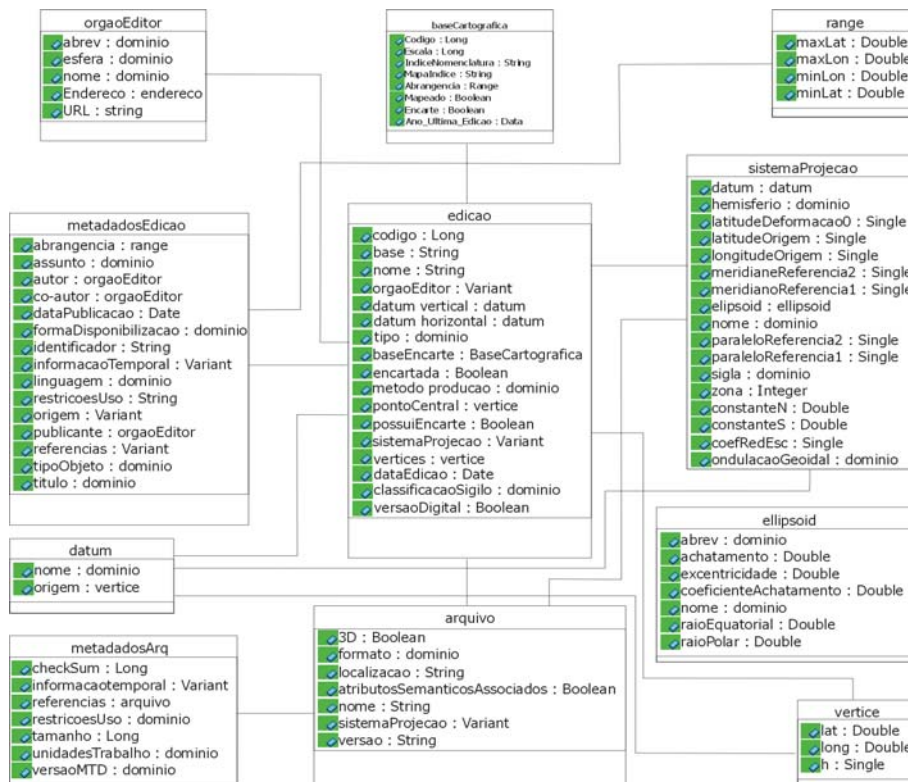


Figura 3 – Banco de Dados do Mapeamento Sistemático

A Figura 3 enfoca o banco de dados da Cartografia Sistemática e armazena as informações relativas aos produtos cartográficos existentes, atuais e históricos. Apresenta algumas sugestões para modificações no banco de dados, atualmente mantido e atualizado pelo IBGE (Mapa Índice), visando permitir o armazenamento de algumas informações não contempladas, como o registro histórico das edições das folhas do Mapeamento Sistemático e dos seus vértices.

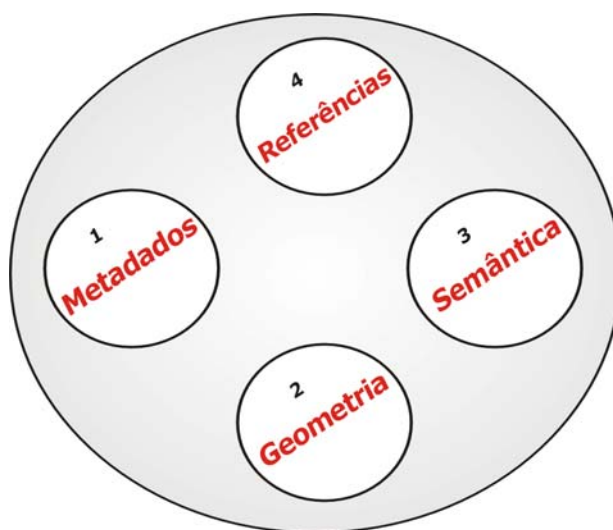


Figura 4 – Objeto Geográfico

As figuras 4 e 5 apresentam de modo genérico a estrutura do objeto geográfico que é composto, neste caso de: Metadados, Geometria, Atributos Semânticos e Referências (MARTIN, 1993) e, exemplificando, uma instância de objeto geográfico do tipo edificação, respectivamente.

1. **Metadados:** É definido como "dados sobre o dado" e tem por objetivo permitir aos usuários localizar e avaliar dados. Seus elementos básicos são um formato estruturado e um vocabulário controlado que juntos permitem uma descrição precisa de conteúdo, localização e valor (MHS, 2001). Considerando o volume de informações armazenadas, é impossível ao usuário encontrar o que necessita sem metadados corretamente armazenados e estruturados.
2. **Geometria:** É a descrição matemática da forma do objeto geográfico, materializado como um ponto, uma linha ou um polígono. Neste trabalho considera-se que um objeto tenha múltiplas geometrias e múltiplas representações. Isto é, um mesmo objeto é descrito em banco de dados como uma linha com "n" vértices para descrever um objeto do tipo "trecho de rodovia", para um sistema de informações na escala 1:25.000; e outra com "m" vértices para a escala 1:1.000.000.
Para a representação do mesmo objeto geográfico em produto editorado, o mesmo possui diferentes simbologias para as escalas 1:25.000, 1:250.000, 1:1.000.000 e assim sucessivamente.
3. **Atributos Semânticos:** São descrições não espaciais do objeto geográfico, caracterizando-o qualitativa e quantitativamente.
4. **Referências:** Descreve as ligações entre objetos, obrigatórias ou opcionais, podendo ser topológicas ou não. Por exemplo: um posto de pedágio está obrigatoriamente ligado a um objeto do tipo "trecho de rodovia"; um "trecho de rodovia" está opcionalmente ligado a um objeto do tipo "limite de município".

Utilizando a modelagem de dados baseada em objetos, é necessário um modelo global de alto nível da instituição (MARTIN 1991). Uma instância de uma edificação do tipo escola está associada a uma instância do objeto edição de folha do Mapeamento Topográfico Sistemático, logo é imprescindível que tanto a parte relativa ao objeto geográfico esteja modelado, quanto o banco de dados do Mapeamento Sistemático.

Até recentemente, a validação se restringia simplesmente à verificação geométrica do objeto. Com a constante evolução e o crescimento do nível de exigência do usuário, considerar um objeto geográfico “válido”, significa garantir não só a qualidade, mas também a disponibilidade e interoperabilidade.

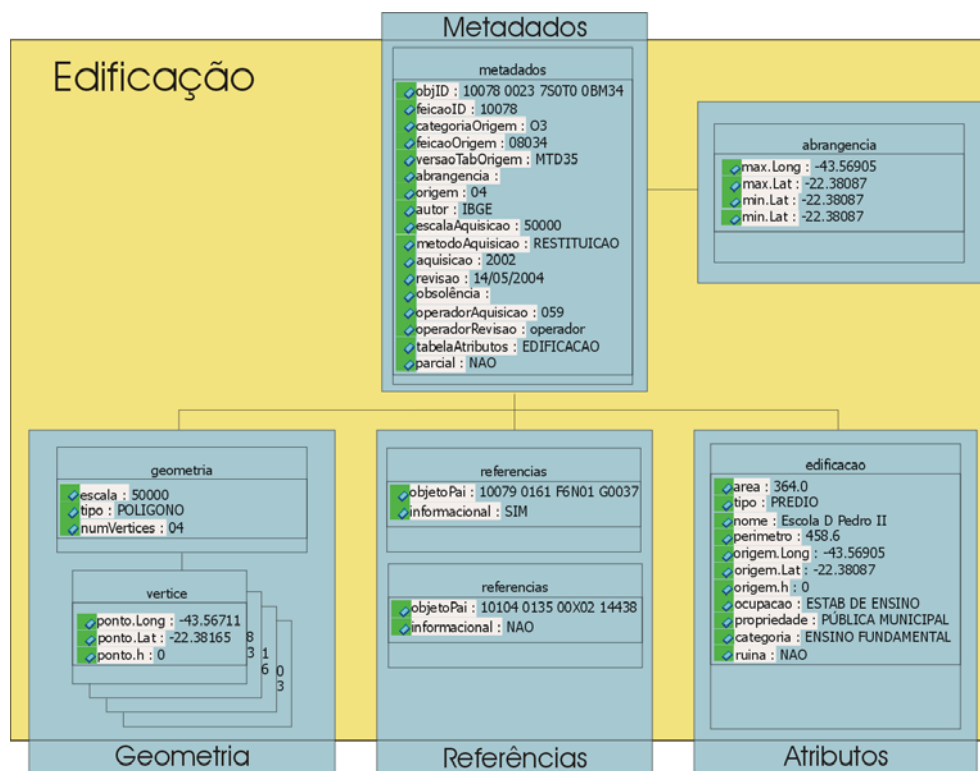


Figura 5 - Instância de objeto geográfico do tipo edificação.

3. DEFINIÇÃO DE REGRAS PARA VALIDAÇÃO

O processo de validação de bases vetoriais deverá considerar a heterogeneidade entre os conjuntos dos dados a serem validados, sendo que para cada conjunto, deverão ser definidas regras específicas que atendam às peculiaridades das prescrições e normas seguidas na fase de vetorização. Existem conjuntos de dados vetorizados sem preocupação com atributos e outros, onde já houve a carga dos atributos semânticos. Para cada conjunto, serão aplicadas um conjunto de regras preliminares e também deverá ser possível o cadastro de novas regras, a partir das necessidades verificadas ao longo da execução do processo de validação. Exemplificando, pode ter sido necessário criar objetos durante a vetorização e os mesmos não foram devidamente cadastrados nas tabelas de feições, ocasionando uma relação de objetos desconhecidos, quando, na verdade, basta o cadastramento do objeto nas tabelas correspondentes e o problema estará sanado. Um outro exemplo é quando se adota um símbolo em desacordo com as normas e prescrições, neste caso tornam-se necessário a definição de uma regra para macro-substituição do símbolo incorreto, problema só detectado após o início do processo.

O conjunto de regras a serem definidas antes do início do processo, constitui-se de procedimentos com diversos graus de complexidade, desde a simples substituição de objetos, até rotinas complexas de análises geométricas, para identificar a orientação espacial dos objetos, como rotação de uma ponte para compatibilizar com a angulação do trecho da rodovia a qual pertence, ou associar o nome do curso d'água à sua geometria.

Durante o processo de validação, as ocorrências vão se apresentando e as ações necessárias, podem ser criadas para resolver as questões de forma automática ou interativa, de acordo com as características de cada uma. A medida que as regras vão sendo armazenadas, o processo se torna mais rápido, considerando que as regras valem para todo o conjunto de dados.

4. VALIDAÇÃO DE BASES CARTOGRÁFICAS VETORIAIS

O processo de carga do ROG tem início com a validação das bases cartográficas vetorizadas. O objetivo intermediário é verificar a qualidade das fases anteriores de aquisição e vetorização da base

cartográfica e a fidelidade aos critérios definidos na especificação do serviço de conversão para o meio digital. Ao final do processo, a base cartográfica validada e aprovada pelo revisor é armazenada no ROG, em formato proprietário, podendo a qualquer tempo ser convertida para formatos que tenham a respectiva interface desenvolvida, sem intervenção do operador, de forma automática e segura. A validação de bases cartográficas, nesse contexto, constitui-se nas fases a seguir, cujo fluxograma do processo de validação encontra-se na Figura 6, subdividindo-se em processos autônomos e interativos.

Os processos autônomos são iniciados a partir da criação de uma ordem de serviço – OS, onde são definidos os parâmetros para a validação e conversão. Esses processos são relativamente rápidos e podem ser divididos entre diversas máquinas e, como não depende da intervenção de operador, podem ser processados por várias horas.

Os processos interativos são compostos por rotinas que necessitam da intervenção do operador para resolver as questões de caráter subjetivo e/ou analógico, que seriam comparativamente dispendiosos ou exageradamente complexos, para serem resolvidos a partir de procedimentos computacionais. O sistema apresenta a inconsistência e disponibiliza ao operador as ferramentas necessárias para a solução do problema. A produtividade é potencializada uma vez que o operador é auxiliado pelo sistema na identificação do problema na forma de fila, resolvendo as questões a medida que vão sendo apresentadas, até que toda a base esteja geometricamente consistente.

Para a execução do processo de validação, foi utilizado o sistema MGE – *Modular GIS Environment* (Intergraph Co.), pelas vantagens de sua modularidade e suporte ao desenvolvimento de aplicações para automatização de processo. A escolha do MGE deve-se pela disponibilidade e não constituiu-se em limitador, considerando que o mesmo tem formato aberto e os produtos oriundos de outras aplicações podem ser convertidas sem perdas, antes do processo de validação.

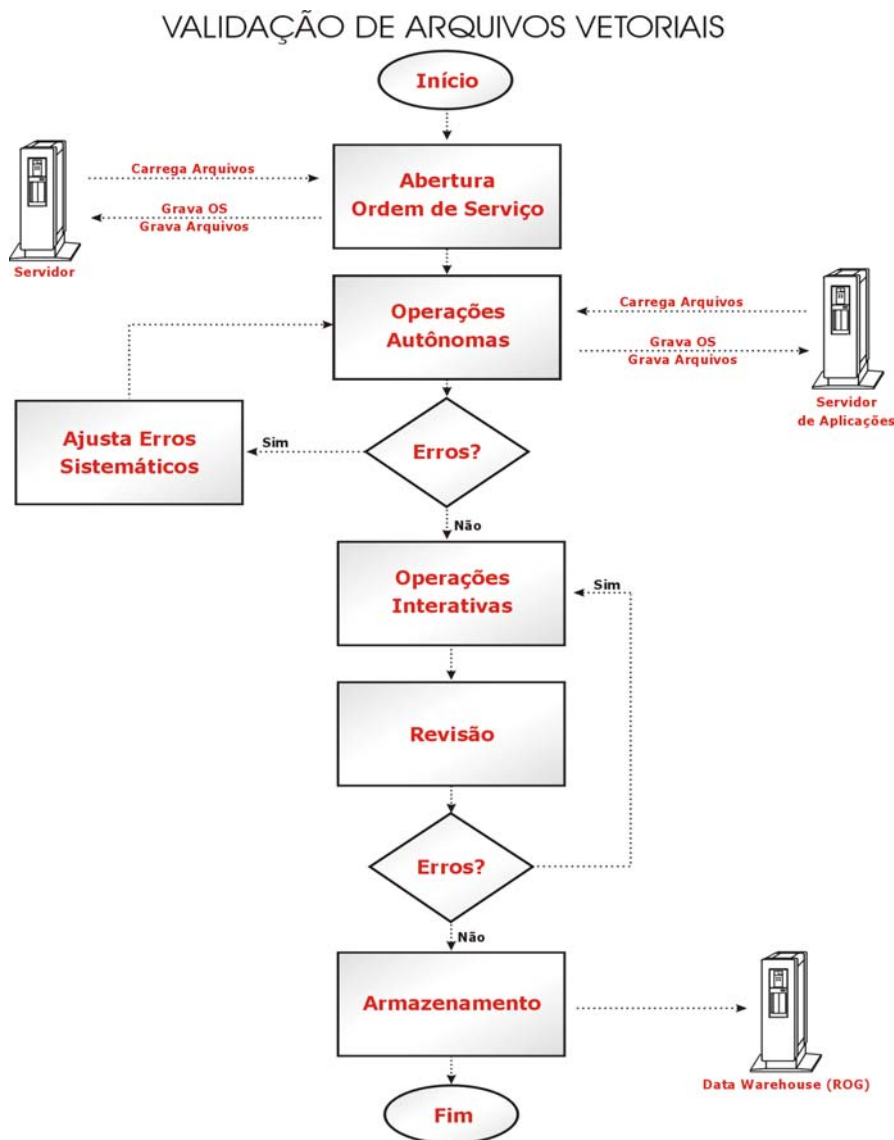


Figura 6 – Fluxograma do processo de validação e armazenamento

4.1 – VERIFICAÇÃO DA CONSISTÊNCIA FÍSICA DOS ARQUIVOS DIGITAIS

Consiste na verificação da existência e disponibilidade de todos os arquivos que compõem o conjunto de dados a ser validado, na verificação da consistência física dos objetos armazenados e a ligação entre a geometria e seu correspondente registro de atributo em banco de dados, quando os mesmos encontrarem-se separados fisicamente. Nesta fase é obrigatório alcançar 100% de sucesso. Caso seja encontrada alguma inconsistência, como erros de ligação entre geometria e atributos (elementos órfãos no arquivo ou banco de dados), ou ainda, elementos duplicados no banco de dados, o sistema emitirá relatório com o alerta correspondente e interromperá o processamento até que seja resolvido o problema.

4.2 – VERIFICAÇÃO DA GEOMETRIA E SIMBOLOGIA DOS OBJETOS

Nesta fase os objetos são comparados com a tabela de *features* correspondente, para verificação da validade. Isto é, cada objeto deve coincidir exatamente com a tabela de *features* nos aspectos tipo (ponto, linha, polígono, texto), arquivo e simbologia (camada, cor, estilo, espessura e categoria). No caso de ocorrências de objetos existentes no arquivo vetorizado e não contemplados nas tabelas, o sistema emitirá relatório circunstanciado, para análise e regularização interativa, interrompendo o processamento.

4.3 – VERIFICAÇÃO PRELIMINAR DO GEOREFERENCIAMENTO

Consiste na verificação do posicionamento espacial dos objetos vetorizados, visando evitar o prosseguimento do processo de validação no caso de erros grosseiros no sistema de coordenadas do(s) arquivo(s). Muitas vezes por omissão, descuido ou erro de operador, o sistema de coordenadas é incorretamente definido, necessitando de ações interativas para correção dos parâmetros do aplicativo de sistema de referência.

4.4 – VERIFICAÇÃO DA CONSISTÊNCIA TOPOLÓGICA

Visa verificar a consistência da geométrica dos objetos, particularmente a ocorrência de segmentos livres ou abertos; intersecções não sinalizadas (quebradas); elementos duplicados; áreas abertas e/ou sem centróide. Caso ocorra um dos itens mencionados, o sistema interromperá o processamento para a ação interativa do operador capacitado, que corrigirá as sinalizações através do uso de ferramentas de edição, do aplicativo correspondente.

4.5 – PRIMEIRA REVISÃO VISUAL

Tem por objetivo verificar através da superposição dos objetos vetoriais ao produto cartográfico em formato *raster*, a existência e acurácia posicional de todos os objetos, a inexistência de omissões na fase de vetorização: se todos os objetos foram corretamente vetorizados. O revisor poderá sinalizar eventuais inconsistências e emitir relatórios de revisão, apontando para o operador as correções necessárias. Este processo é cíclico até a aprovação final do revisor. Todas as ações do revisor serão armazenadas nos bancos de dados de produção e estarão disponíveis como histórico da folha vetorizada.

4.6 – CARGA DE ATRIBUTOS SEMÂNTICOS

Após a aprovação final do revisor, poderá ser efetuada a carga dos atributos semânticos dos objetos. O processo de carga é composto por ações interativas e automatizadas visando carregar as tabelas de atributos semânticos dos objetos, conforme regras de negócio, armazenadas na fase de definição do projeto de validação, de acordo com as características particulares de cada conjunto de dados.

4.7 – SEGUNDA REVISÃO

A segunda revisão tem como objetivo verificar nos aspectos geométricos e descritivos, as componentes de qualidade, como:

a) Consistência lógica - que define o tipo de relacionamento existente entre duas feições representadas no terreno. Segundo DAOSHENG (1998) in BURITY (1999), divide-se em dois fatores: a geografia apropriada, que diz respeito ao método de apresentação; e o correto relacionamento topológico, que traduz a melhor forma, ou na forma mais correta de relacionamentos de contigüidade, conectividade e adição de informações, entre feições.

b) Completude – que está relacionada com a quantidade de informações ausentes na carta ou que não devem estar presentes na mesma. Esta pode ser avaliada sob os aspectos de cobertura, classificação e verificação (ARONOFF, 1995.).

4.8 – ARMAZENAMENTO

Esta é a última fase do processo de validação e consiste no armazenamento definitivo de todos os objetos validados e revisados no ROG, assim como o cadastro dos metadados da edição da folha do mapeamento sistemático, considerando disponível a referida folha para disseminação, dentro dos padrões de qualidade e interoperabilidade. A disseminação será processada através de interfaces que, após construídas, permitirão a disponibilização do conjunto de dados validados nos formatos solicitados pelos usuários, através de processos automatizados, sem a intervenção de operador, de forma rápida e segura.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente proposta tem por objetivo permitir a validação, o armazenamento e a recuperação de bases cartográficas vetorizadas do Mapeamento Sistemático do Território Nacional a partir de negativos de juntada, com a utilização de sistema de cartografia automatizada especialmente desenvolvido para:

- 1) Verificação das bases cartográficas vetorizadas no que couber à/ao:
 - Fidelidade aos requisitos e especificações;
 - Consistência física dos arquivos digitais;
 - Correto sistema de referência geográfica;
 - Consistência lógica e completude;
 - Qualidade, atendendo no que couber às normas ISO, através do padrão internacional 19113:2000, do TC 211 (ISO, 2000);
- 2) Proporcionar o armazenamento em SGBD relacional, independente de aplicativos de SIG, objetivando a compatibilidade entre versões de sistemas heterogêneos de diferentes instituições do SCN.

Para alcançar este objetivo, é necessário definir uma arquitetura de informações espaciais que possa acomodar a complexidade de especificações e características individuais de cada instituição do Sistema Cartográfico Nacional. A arquitetura de informações espaciais ora proposta, possibilita a interoperabilidade entre versões da MTD e entre versões de tabelas de feições de instituições diferentes.

A produção de cartografia, com a massificação da utilização dos recursos computacionais, sofreu transformações metodológicas de grande envergadura. A transição entre o modelo convencional e automatizado ocorreu nos anos noventa, justamente em uma fase que as crises econômicas e políticas minaram as verbas públicas para o mapeamento. Isso provocou sérios prejuízos para o desenvolvimento da ciência cartográfica além da obsolescência do mapeamento sistemático. Cada órgão público envolvido na produção de cartografia sistemática, contou com a criatividade de seu corpo técnico para se modernizar e absorver as tecnologias numa época de recursos escassos. A associação dessa carência de recursos e falta de integração entre as esferas de governo com o desmantelamento da então Comissão de Cartografia (COCAR), trouxe uma situação de relativa desorganização que pode ser comprovada pela baixa produtividade, falta de consistência metodológica e desperdícios de recursos. Apesar da solicitação no orçamento de verbas necessárias para aquisição de equipamentos, a operacionalização destes, no aspecto recursos humanos, não foi corretamente planejada e implementada. Ou seja, mesmo que transparecesse que a aquisição do *scanner* mais moderno seria o bastante para sermos libertados da mediocridade, ficou comprovado que os equipamentos tecnologicamente mais avançados são tão somente boas ferramentas; sem profissionais qualificados e motivados, a utilização dessas tecnologias torna-se inócuas.

Desde a concepção dos projetos e mesmo durante sua implementação, sempre, o centro das atenções foi o *software* de desenho apoiado no computador (CAD) como o *Microstation*, *AutoCad*, *MaxiCad* e *ArcInfo*, ficando cada instituição refém da empresa produtora e/ou representante do aplicativo eleito como ferramenta principal para a produção.

Para modificar este vetor, é necessário tirar o foco do *software* aplicativo. Definir e implementar uma filosofia de produção que abstraia aspectos relativos ao *middleware*. As limitações dos aplicativos – cada um possuindo vantagens e desvantagens – assim como as peculiaridades das tabelas de feições entre instituições diferentes, são facilmente contornadas com a adição de procedimentos computacionais. É possível e viável obter a interoperabilidade e compatibilidade entre bases cartográficas produzidas por instituições diferentes, a partir de procedimentos automáticos e com a mínima intervenção de operador. É necessária para isso, a definição de uma arquitetura de armazenamento flexível e o desenvolvimento das interfaces de entrada e de saída.

A solução proposta vem atender a uma necessidade constante de integração de bases de diferentes escalas e origens e visa a economia de recursos materiais e humanos que traduzem a realidade atual.

Parte do princípio que existe uma constante atualização das especificações e na metodologia de produção; e ainda, que essas modificações não podem produzir incompatibilidades ou indisponibilidade.

As informações cartográficas devem obrigatoriamente estar consolidadas e disponíveis para utilização, independente das atualizações das versões dos aplicativos ou sistemas operacionais, visando atender às crescentes demandas dos usuários.

6. BIBLIOGRAFIA

BURITY, E.F.; SILVEIRA, JC. – **Requisitos de Qualidade no Contexto da Serie de Normas ISO 9001**. In Anais do XXI Congresso Brasileiro de Cartografia. Belo Horizonte. 2003 CD-ROM.

ISO. 2000. Project 19113 – **Quality principles. ISO/ TC 211. Geographic information / Geomatics..** Oslo – Norway.2000. 37 páginas.

MARTIM, J – **Princípios de Análise e Projeto Baseado em Objetos**. Editora Campos. Rio de Janeiro – RJ. 1993.

MHS, Minnesota Historical Society – **Minnesota State Archives**, www.mshs.org . Acesso: 17/05/2001.

SINGH, HS. **Data Warehouse, Conceitos, Tecnologias, Implementação e Gerenciamento**. Editora Makron Books. São Paulo - SP. 1999.