

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Em sua obra sobre a viagem de Humboldt pela América Latina, o autor Helferich (2005), logo em suas primeiras páginas, escreve: “*Tudo é interligado*”. De acordo com o autor, o ilustre Humboldt compreendia que na natureza, a Geografia, Climatologia, Botânica, Geologia e outras áreas do conhecimento estavam conectadas. Ele ainda afirma que Humboldt buscava desvendar a *unidade da natureza*, ou seja, o elemento que interligava os fenômenos. Essa idéia de conexão nos remete aos princípios de um sistema.

A Geografia muitas vezes realiza o papel de conector. Afinal, os fenômenos que conhecemos refletem espacialmente, seja de forma direta ou indireta. Em seu livro sobre conceitos e temas geográficos, Corrêa (2007) reconhece a importância da Geografia ao dizer que ela funciona como uma ciência “ponte”, de interligação entre os fenômenos através do espaço geográfico.

Nos últimos anos acompanhamos um número crescente de trabalhos publicados em revistas e periódicos que utilizam o Geoprocessamento e suas ferramentas de Sistemas de Informação Geográfico (SIG ou *GIS* em inglês). De acordo com Rodrigues (1993) o geoprocessamento é um conjunto de tecnologias cujas etapas de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espacialmente buscam um determinado objetivo. Essa idéia se relaciona com o pensamento de Moura (2010), onde, através das etapas citadas, o geoprocessamento deve gerar algum ganho de informação.

Em relação aos SIGs, Câmara *et al.* (2005) define como “*ferramentas computacionais para realizar análises complexas, interligando dados de diversas fontes através da criação de banco de dados geo-referenciados*” (Figura 01). Sendo assim, vemos o relacionamento direto de um Banco de Dados Geográfico (BDG) e as ferramentas SIG.

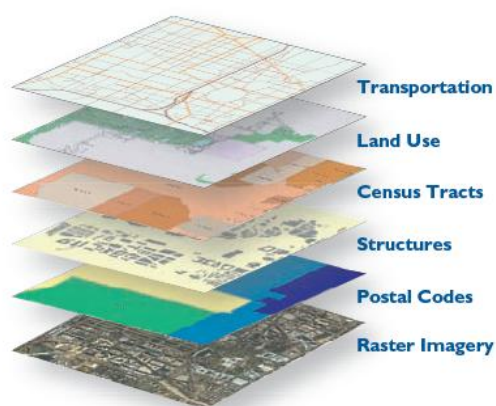


Figura 01 – Sobreposição de diferentes temas de camadas de dados. Apesar de visualizados separadamente, os dados estão interligados por sua localização espacial e relações topológicas. (Fonte: ESRI, 2008)

A possibilidade de utilizar essa ferramenta para visualizar e manipular, de forma separada ou conjunta, os diferentes tipos de camadas (*layers* ou planos de informação) representa um dos grandes avanços desses trabalhos, sendo uma das principais contribuições dessa tecnologia. Essa é uma das razões que permite que o geoprocessamento seja interdisciplinar, ganhando espaço nas áreas de pesquisa e no mercado.

Presente em diferentes cenários, um dos papéis que podemos destacar do sistema de informação geográfico são aqueles apontados por Ferrari Júnior (1997). De acordo com o autor, no ambiente de uma corporação, um SIG pode ser utilizado em três níveis distintos, porém complementares. São eles: nível operacional, gerencial e estratégico.

Cada um dos níveis pode fornecer benefícios imediatos, tais como: eficiência operacional em atividades repetitivas resultando em ganho de produtividade; redução dos custos; qualidade e confiabilidade ao executar as tarefas; surgimento de melhores e, até mesmo, novas informações; difusão de informação e conhecimento; auxílio estratégico em tomada de decisão; geração de receita e outros.

Torna-se de fácil percepção que uma instituição, pública ou privada, pode aperfeiçoar seus diferentes níveis de trabalho com o uso dessa ferramenta.

Baseado nesses primeiros referenciais, este trabalho teve como objetivo geral propor um Banco de Dados Geográfico para o gerenciamento do Instituto Inhotim. As etapas

apresentadas vão desde o levantamento das informações necessárias, passando pela modelagem conceitual e lógica, até a implementação do banco de dados proposto em ESRI *Geodatabase*¹.

Ainda neste primeiro capítulo temos a caracterização do objeto de estudo através de sua localização espacial e a descrição de algumas de suas principais características. A proposta é possibilitar ao leitor uma percepção geral da Instituição, facilitando assim a compreensão do tópico seguinte que se refere aos objetivos.

No segundo capítulo temos o referencial teórico de geoprocessamento, cujo conteúdo norteou todo este trabalho.

No terceiro capítulo, a metodologia, seguido dos resultados obtidos no quarto capítulo. No quinto e último capítulo temos a análise crítica dos resultados através da conclusão.

¹ Por convenção, quando mencionado *Geodatabase*, entende-se por ESRI *Geodatabase*.

1.2 Caracterização da área de estudo

O Instituto Inhotim² está localizado a cerca de dois quilômetros da sede municipal de Brumadinho (FIGURA 02). Apesar de limítrofe a capital mineira, a distância entre as sedes municipais é de cerca de 55km (PNUD, 2000). Com uma projeção de 31.000 habitantes em 2009 (IBGE, 2010), a cidade está inserida em parte do Quadrilátero Ferrífero Mineiro (CODEMIG, 2005). Importante no contexto nacional e internacional, a região possui o caráter dual entre exploração mineral e preservação sócio-ambiental. Nos últimos anos outra variável que compõem essa lógica são os condomínios fechados da população de alta renda que estão em expansão.



Figura 02 – Localização do Instituto Inhotim na RMBH

² www.inhotim.org.br

Em Brumadinho, do ponto de vista ambiental, destaque para o rio Paraopeba, um dos principais cursos d'água da bacia do rio São Francisco. Há também a represa do Rio Manso, área de domínio da Copasa, importante ponto de captação para o abastecimento de água da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). O município encontra-se em sistema ecótono, de transição entre a Mata Atlântica (predominante) e o Cerrado (nos topos das serras). Devido ao patrimônio biológico e geológico, a região é classificada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) como área prioritária de preservação. Como resultado há uma variedade de Unidades de Conservação. Algumas cobrem parte da área municipal, tais como: APA Sul, APE Rio Manso, RPPN Sítio Grimpas, APE Rola Moça e Bálamo, como também a própria RPPN Inhotim e APA Inhotim (IEF, 2010).

Aberto a visita pública desde 2006, o Instituto Inhotim foi reconhecido em 2008 como uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP). Suas principais características são o Museu de Arte Contemporânea (com as galerias e obras de arte em exposição externa) e o Jardim Botânico (com o acervo exposto de forma paisagística e também utilizado para fins didáticos e científicos de conservação da biodiversidade vegetal).

Tecnicamente, o Instituto é dividido em duas áreas: a Área de Visita com aproximadamente 100 hectares, e a RPPN Inhotim com cerca de 145 hectares. Entretanto, até o presente momento as principais atividades institucionais se concentram, quase que em sua maioria, no perímetro de visitação. Entretanto, a RPPN e área ao entorno já foram objeto de estudo de diferentes projetos de iniciação científica³. É importante ressaltar também que, apesar de definido como perímetro de visita, algumas localidades são de uso e acesso exclusivo da administração interna (Figuras 03 e 04).

³ Levantamento florístico de Inhotim; Levantamento da herpetofauna (anfíbios e répteis) de Inhotim; Levantamento da avifauna de Inhotim; Banco de sons das aves do Inhotim; Levantamento da mastofauna (mamíferos) de Inhotim; Projeto Guigó Minas; Caracterização de ecossistemas e ações ambientais para a área do Instituto Cultural Inhotim (INHOTIM, 2010).

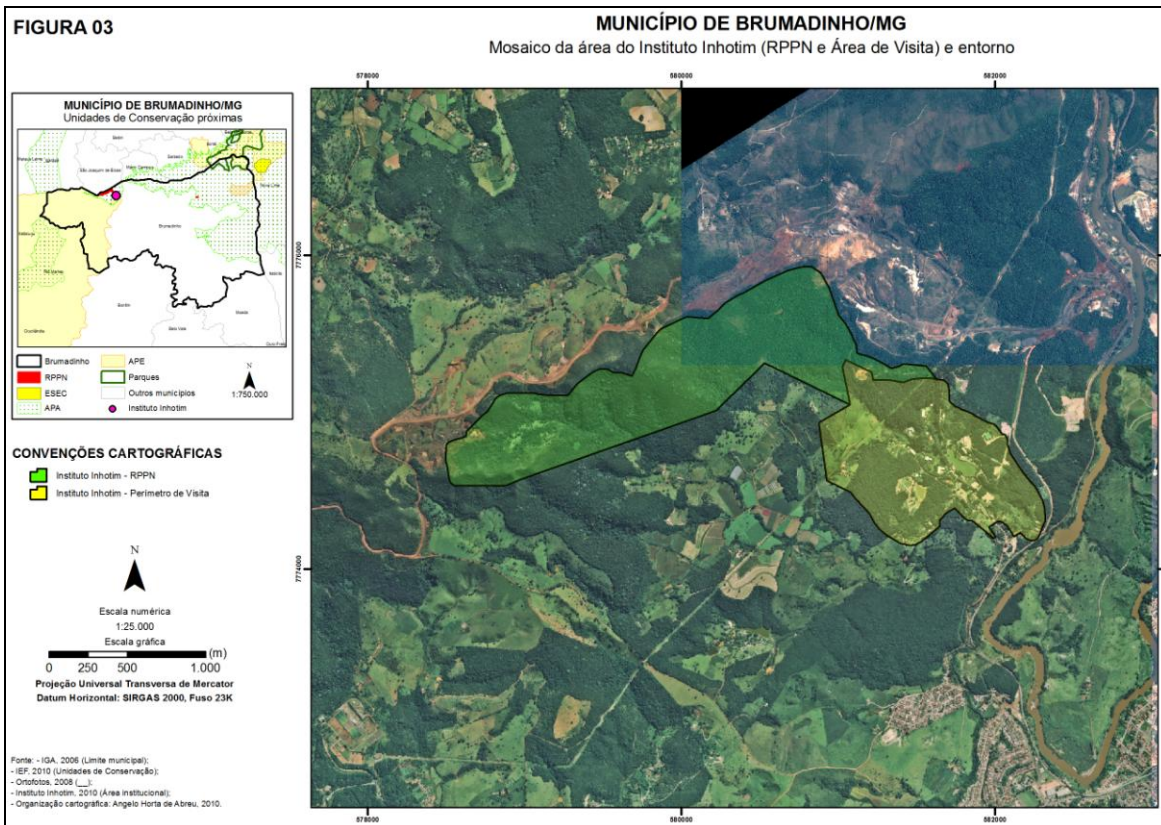


Figura 03 – Mosaico da área do Instituto Inhotim (RPPN e Área de Visita) e entorno



Figura 04 – Vista parcial da Área de Visita do Instituto Inhotim. (Fonte: Inhotim, 2010)

Composto por diferentes Diretorias, as mesmas se subdividem em áreas ou atividades específicas. A Diretoria de Botânica e Meio Ambiente, por exemplo, possui quatro grandes vertentes de atuação que são: o Paisagismo, a Curadoria Botânica, a Gestão Ambiental e a Educação Ambiental. Reconhecendo a importância de suas atividades onde, grande parte delas envolve informações sobre o patrimônio botânico, essa pesquisa se concentrou principalmente nessa Diretoria, que também é o próprio Jardim Botânico Inhotim (JBI)⁴.

Mesmo com suas respectivas responsabilidades, as diferentes áreas possuem em comum o próprio espaço geográfico. Dentro desse espaço, um mesmo objeto pode ser abordado com diferentes finalidades. No caso de uma espécie vegetal, por exemplo, a identificação do indivíduo por um especialista permite adequar o tratamento fitossanitário, compreender seu comportamento no paisagismo, relacionar curiosidades botânicas para a Educação Ambiental e entender sua importância na preservação e conservação biológica. Se imaginarmos um visitante, a adequada localização de serviços como banheiro e lanchonetes pode contribuir para uma maior comodidade em sua experiência de visita. Do ponto de vista técnico, ter conhecimento da localização da tubulação de água contribui nos projetos de irrigação, planejamento da construção civil, expansão da rede de água e esgoto e assim por diante.

Perante a toda essa infinidade de abordagens e informações, um banco de dados geográfico possui a mesma variedade de usos. Dessa forma, a definição clara dos objetivos permitiu a realização deste trabalho. Estes são apontados no próximo tópico.

⁴ Criado em 2010, o JBI tem como missão “*Manter, propagar e propiciar estudos com o maior número possível de espécies botânicas, com ênfase em espécies ameaçadas, conservando recursos genéticos e dispondo tais espécies paisagisticamente, como forma de divulgar e sensibilizar sobre a importância da biodiversidade vegetal para a sobrevivência humana*” (Inhotim, 2010).

1.3 – Objetivos

Este trabalho possui como objetivo geral propor um Banco de Dados Geográfico para auxiliar a gestão do Instituto Inhotim.

Como forma de atingir o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- 1 - Definir os dados (georreferenciados e convencionais) que irão compor o Banco de Dados Geográfico;
- 2 - Desenvolver o projeto conceitual do BDG utilizando o modelo OMT-G;
- 3 - Desenvolver o projeto lógico do BDG;
- 4 - Implementar o banco de BDG em ESRI *Geodatabase*;
- 5 - Disponibilizar as informações em rede local.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é feita uma breve descrição da base teórica e dos conceitos gerais relacionados à pesquisa. Será dado maior enfoque aos tópicos que se relacionam com os objetivos gerais e específicos que estarão sujeitos à análise e desenvolvimento no decorrer de todo o trabalho. A introdução destes conceitos gerais é importante para fornecer embasamento teórico e permitir a compreensão dos materiais e métodos abordados no próximo capítulo.

2.1 – A ciência da Geoinformação

Em primeiro lugar, temos que ter em mente que trabalhar com a ciência da geoinformação significa utilizar computadores como instrumentos de representação de dados georreferenciados (Câmara et al., 2001). Isso significa que o pesquisador necessita reduzir os conceitos de sua área do conhecimento para algoritmos e estruturas de dados compatíveis com os sistemas de informação. Afinal, para a geoinformação, o espaço geográfico e seus elementos apresentados são apenas aqueles possíveis de representação no computador⁵ através de vetores e matrizes (*raster*). Em Câmara (1995), Câmara et al (2001), Câmara et al. (2005) e Gomes e Velho (1995) podem ser obtidos mais detalhes.

Do ponto de vista conceitual, é difícil compreender o geoprocessamento e suas ferramentas SIG porque seu crescimento ocorreu mais em função de necessidades comerciais do que de solidificação de suas bases conceituais no meio acadêmico (Câmara et al, 2001).

Contudo, podemos afirmar que desde seu surgimento nos anos 50 do século passado até o presente momento, passando pelas três gerações dos sistemas de informação⁶ (Câmara, 1995),

⁵ O espaço geográfico computacionalmente representado também é denominado como “Território Digital” em Câmara et al, 2005.

⁶ Basicamente, podemos definir as gerações como:

- a) A primeira geração são os “CAD cartográficos”. São sistemas herdeiros da tradição de Cartografia Sistemática. Tinha suporte de banco de dados limitado. Sua finalidade básica era apenas a figura do mapa.
- b) A segunda geração foram com banco de dados geográficos. Foram feitos para uso em ambiente cliente-servidor. Foram acoplados gerenciadores nessa geração de banco de dados relacionais e pacotes de processamento de imagens.

as tecnologias geográficas auxiliaram pesquisas e trabalhos em diferentes áreas do conhecimento.

Em sua evolução foi perceptível perceber que quando o espaço geográfico era importante para um empreendimento ou de auxílio à pesquisa, o SIG era ferramenta de trabalho ideal (Ferrari Júnior, 1997). Assim, reduzir custos de produção, armazenar dados e mapas, auxiliar na tomada de decisão, realizar análises espaciais e facilitar a troca de informação foram e ainda são alguns dos seus papéis. No Brasil, temos bons exemplos de sua aplicação nos últimos trinta anos em empresas e instituições de pesquisa como o INPE, Cemig, IBGE, Embrapa, Telebrás, Prefeitura de Belo Horizonte (PBH), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), dentre outros.

Contudo, mesmo com a possibilidade de utilizar tecnologias de baixo custo e adquirir conhecimento local (UFV, 2008), ainda é difícil desenvolver projetos em geoprocessamento. Para o funcionamento ideal, Davis Jr. (2001) aponta que são necessários quatro componentes: *software*, *hardware*, manutenção de banco de dados e capacitação profissional⁷, o que alguns autores chamam de *peopleware* (Moura et al., 2001).

Entender a tradução dos conceitos do mundo real para o computador nos permite compreender o próprio comportamento de um sistema de informação geográfico. Vejamos a seguir.

c) A terceira geração são as bibliotecas geográficas digitais ou centro de dados geográficos. Sua principal característica é o gerenciamento de banco de dados de grande porte contendo acesso através de rede locais ou remotas, contendo também interface via internet.

⁷ Hardware: Qualquer tipo de plataforma computacional; Software: é o próprio SIG ou conjunto de SIG's, de preferência com interoperatividade. Há diferentes tipos de SIG para utilização, sejam eles proprietários ou livres. Em UCHOA (2004) podem ser obtidos mais detalhes. O Banco de dados é o elemento fundamental para solucionar os problemas geográficos;

2.2 – Sistema de Informação Geográfico

A expressão Sistemas de Informação Geográfico é aplicado para os sistemas de computadores que tratam os dados geográficos em ambiente computacional e recuperam suas informações baseados em suas características tabulares (alfanuméricas), e também por sua geometria e localização espacial através de um sistemas de coordenadas (Câmara et al, 2001). Assim, o georreferenciamento adquire um papel fundamental e diferencial desses sistemas.

De acordo com Queiroz (2006), o SIG pode ser usado de três grandes maneiras: como ferramenta para produção de mapas; suporte para análise espacial dos fenômenos; e como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação da superfície da Terra. Ainda de acordo com o autor, os sistemas geográficos possuem os seguintes componentes que se relacionam de forma hierárquica: interface com o usuário; entrada e integração de dados; como função de consulta e análise espacial; visualização e impressão/plotagem; armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográfico). Cada *software* SIG deve possuir esses subsistemas (Figura 05).

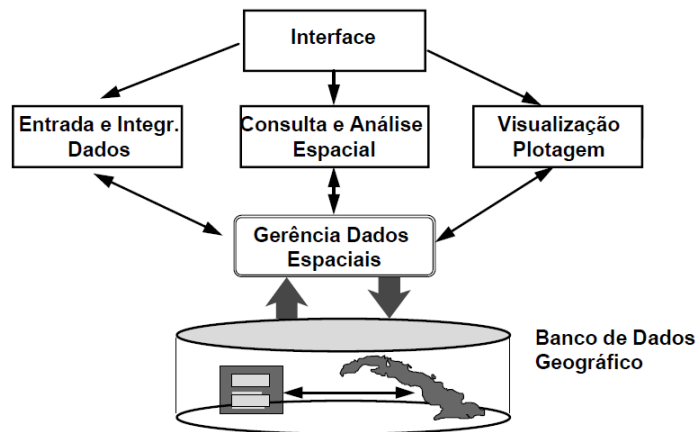


Figura 05 – Subsistemas de um Sistema de Informação Geográfico. (Fonte: Câmara et al, 2001)

O gerenciamento dos dados espaciais é revestido de maior importância do que em sistemas convencionais devido à complexidade dos objetos geográficos, dos tipos de consultas efetuadas e do enorme volume e complexidade dos dados envolvidos (Coutinho, 2010).

Utilizar um SIG implica em escolher as representações computacionais mais adequadas às camadas que compõem o trabalho, de forma a capturar a semântica da aplicação. Além do nível de representação, o BDG permite que sejam definidos, ainda na fase de criação, os atributos, restrições e regra de comportamento entre as classes, garantindo a integridade dos dados e sua topologia (Coutinho, 2010).

Dessa forma, as informações podem ser organizadas através de um projeto conceitual dos dados. O projeto conceitual de um BDG deve ser desenvolvido independente de sua futura implementação no computador.

A seguir é apresentada uma das formas de modelagem para banco de dados geográficos e suas principais características.

2.3 – Banco de Dados Geográfico

Segundo Davis Jr. (1998), um modelo de dados é definido como um conjunto de conceitos usados para descrever a estrutura e as operações em um banco de dados, procurando sistematizar o entendimento que as pessoas possuem a respeito de objetos e fenômenos do mundo real.

Davis Jr. (1999) afirma que várias técnicas foram desenvolvidas para a criação de um modelo de dados semânticos orientado a objeto, tais como Entidade-Relacionamento, OMT, UML e outros. Contudo, um modelo de dados para aplicações geográficas possuem necessidades adicionais.

Um dos modelos que podemos destacar é o proposto por Borges (2001). Baseado em uma técnica orientada a objetos, a autora expandiu o modelo UML para uso em aplicações geográficas. Conhecido como OMT-G, essa técnica de modelagem possui três pilares principais:

- a) Diagrama de classes;
- b) Relacionamentos;
- c) Restrições de integridade espacial.

O diagrama de classes se divide em dois tipos: Georreferenciadas (que possuem representação espacial e localização geográfica) e Convencionais (dados alfanuméricos que, apesar de se relacionarem com objetos espaciais, não possuem geometria e localização espacial). Essas duas classes representam três grupos distintos de dados: contínuos (conhecidos também como geo-campo), discretos (geo-objetos) e não-espaciais (convencionais ou mesmo dados tabulares). Borges (2002) afirma que diferenciar dados convencionais e georreferenciados permite que diferentes aplicações possam compartilhar os dados tabulares, permitindo aplicações integradas e reutilização de dados.

Os dados do tipo Geo-Campo representam informações distribuídas por todo espaço geográfico, correspondendo a informações do tipo de solo, vegetação, topografia, etc. Existem cinco classes descendentes para os Geo-Campo: Isolinhas, Subdivisão Planar (ou Polígonos Adjacentes), Tesselação, Amostragem e Rede Triangular Irregular⁸.

Os Geo-Objetos são identificados como os objetos geográficos isolados, individualizáveis, que possuem identificação com os elementos da realidade, tal como edificações, lagos, estradas, etc. O modelo OMT-G apresenta duas classes descendentes para esse tipo de dado: geo-objeto com geometria (ponto, linha e polígono) e geo-objeto com geometria e topologia (linha uni-direcional, linha bi-direcional e nó).

As figuras a seguir resumem as primitivas do modelo (Figura 06). Maiores detalhes podem ser obtidos em Borges (1997), Borges (2002), Borges et al (2001), Câmara et al (2001), Câmara et al (2005).

⁸ Em inglês pode ser encontrado na literatura como TIN (Triangulated Irregular Network).

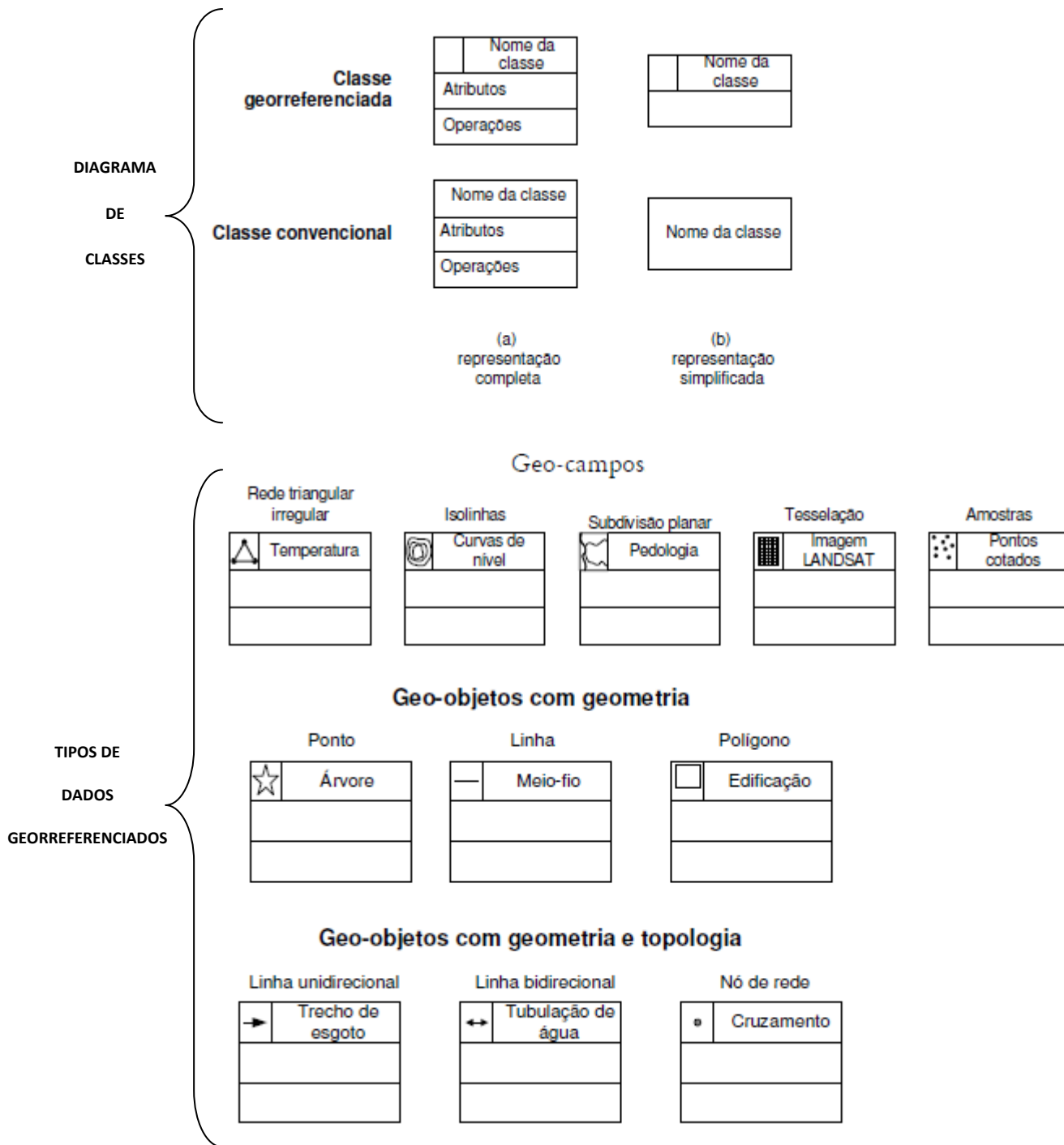


Figura 06 – Resumo das Primitivas do modelo conceitual OMT-G. (Fonte: Câmara et al, 2005)

Após a definição do esquema conceitual, este é transformado em um modelo de dados de implementação (projeto lógico), antes da implementação do banco de dados (projeto físico). No projeto lógico são definidas as chaves primárias, os relacionamentos entre as tabelas, os tipos de dado (caractere, numérico, etc) e seus respectivos tamanhos. Durante o projeto lógico o esquema conceitual é adaptado ao *software* de banco de dados que será utilizado.

Há diferentes alternativas para a implantação do BDG. Uma delas é o ESRI *Geodatabase* (GDB), utilizado de forma compatível com o *software* ArcGIS⁹. Entende-se por *Geodatabase* a estrutura nativa utilizada no ArcGIS para gerenciamento e edição de dados (ESRI, 2006). Ferreira (2006) descreve o GDB como um depósito de dados espaciais (georreferenciados) e descritivos (convencionais), onde os dados geográficos são armazenados em Sistema Gerenciadores de Banco de Dados Relacionais (SGBDR).

Coutinho (2010) afirma que uma das vantagens da utilização do *Geodatabase* é a possibilidade de modelar e criar a informação geográfica de forma simultânea. Dessa forma é possível verificar as regras de topologia e as de integridade de dados através da utilização de domínios e subtipos.

O GDB possui suporte para diferentes tipos de elementos. Dentre eles, os de maior destaque são:

- a) As tabelas (*table*): armazenada em extensão .dbf, as tabelas são coleções de linhas e colunas contendo dados não espaciais. Permite o relacionamento entre tabelas e feições (através das chaves primárias e secundárias), colunas com comportamento, domínio, subtipo e valores padrões.
- b) Classe de feições (*feature classes*): são tabelas que armazenam a forma geométrica das feições do mundo real que foram traduzidos para o ambiente digital através, principalmente, das primitivas gráficas de ponto, linha e polígono. As feições devem estar associadas a um sistema de coordenada.
- c) Conjunto de feições (*feature dataset*): armazena um ou mais *feature classes*, podendo ser um conjunto de feições temático (ex: o Conjunto de Feições de Hidrografia é formado pelas Classes de Feições do tipo: rios, lagos e nascentes). Para compor o Conjunto é necessário que as Classes possuam o mesmo sistema de referência espacial, podendo assim ser definido a relação topológica entre os objetos.
- d) Dados matriciais (*raster image*): são imagens, cuja menor unidade é um pixel. Este é organizado em linhas e colunas, sendo vinculado para cada pixel um valor numérico de referência à imagem que ele representa.

⁹ O ArcGis é um software de Sistema de Informação Geográfico.

Outros elementos do GDB são resumidos na figura abaixo.

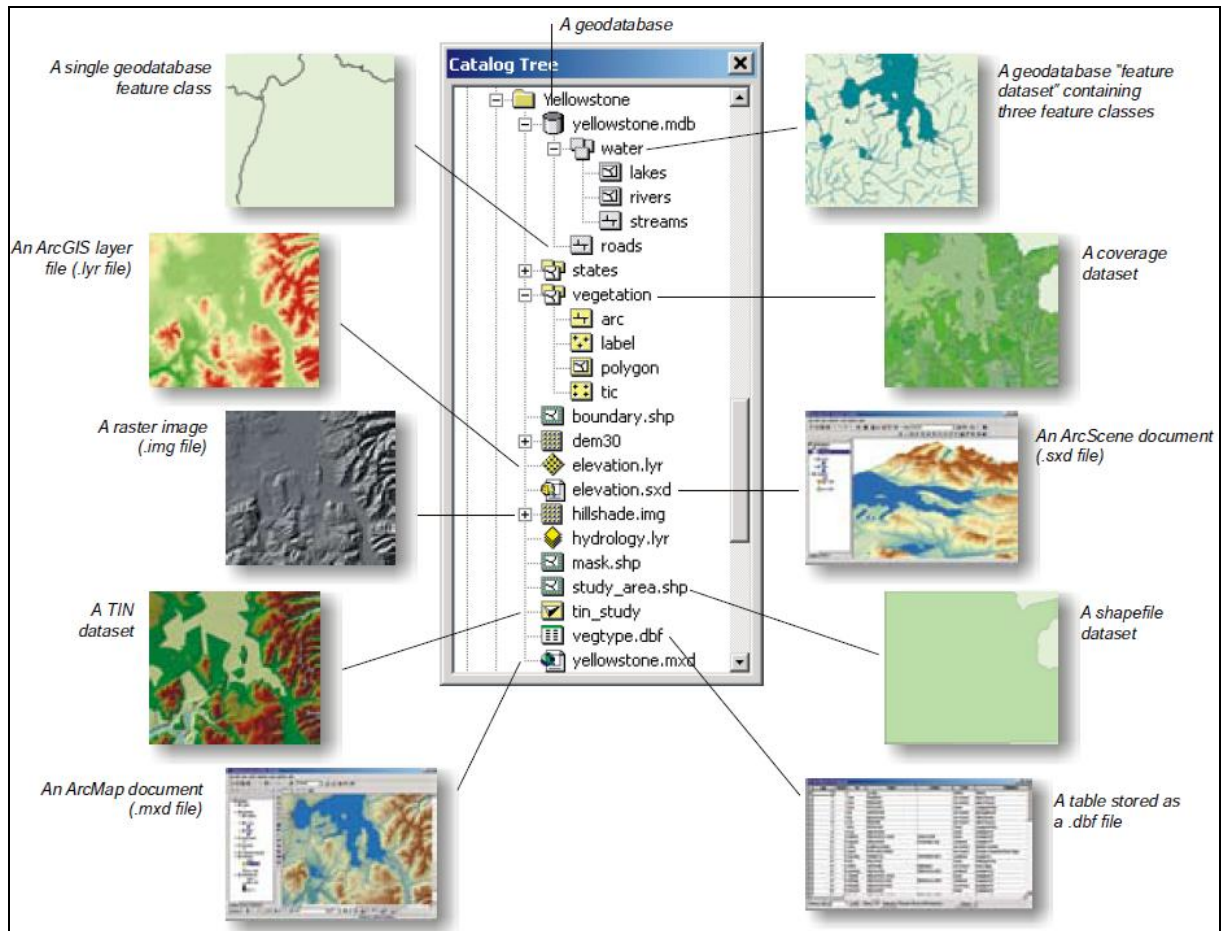


Figura 07 – Elementos suportados pelo ESRI *Geodatabase*. (Fonte: ESRI, 2008)

No próximo capítulo temos a descrição dos materiais e métodos utilizados nessa pesquisa de acordo com cada objetivo específico.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 – Definição dos dados georreferenciados e convencionais

Adquirir material cartográfico para um banco de dados geográfico é uma etapa fundamental para o sucesso de um projeto de geoprocessamento. Esta pesquisa buscou utilizar dados institucionais, literatura especializada e, de forma a não gerar custo, utilizou-se também de informações distribuídas de forma gratuita pela internet.

O arcabouço do BDG Inhotim partiu do ideal de que seus componentes deveriam descrever as características físicas locais, apresentar as informações cadastrais da instituição (infraestrutura, equipamentos e limites legais) e, por fim, contribuir com o Jardim Botânico Inhotim na gestão de informações das espécies vegetais.

Seus componentes foram inspirados nas subcategorias dos territórios digitais apresentado por Câmara et al (2005). A estrutura geral do BDG Inhotim é resumida na figura abaixo. (Figura 08)

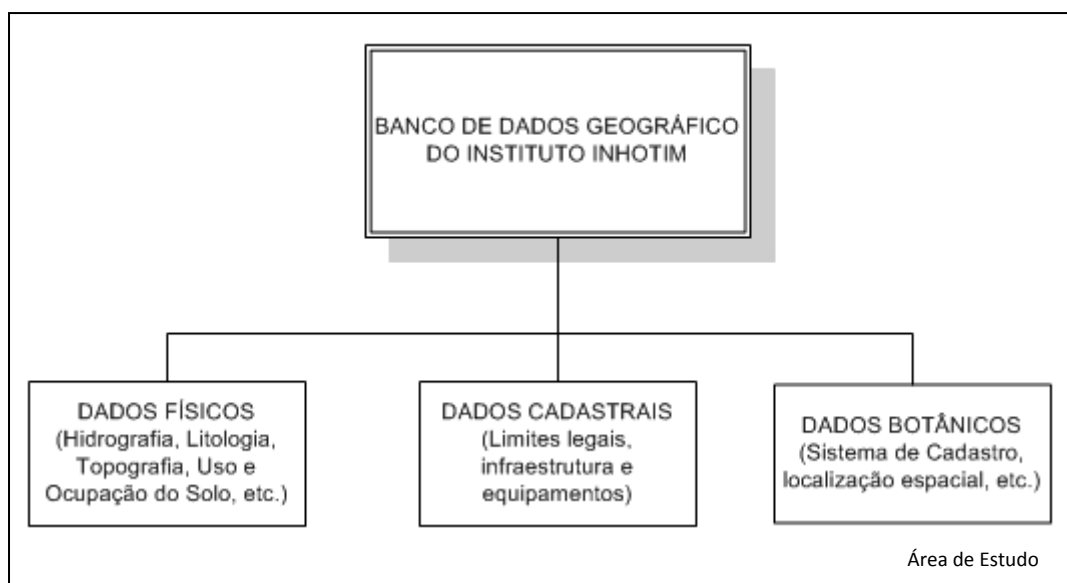


Figura 08 – Arcabouço temático do Banco de Dados Geográfico do Instituto Inhotim

A unidade espacial da área de pesquisa foi determinada por um retângulo envolvente que cobre o alvo principal (Instituto Inhotim – Área de Visita e RPPN) e parte do entorno. Essa área corresponde a aproximadamente 2.050 hectares (ou 20,50 km²). Para atender ao componente das características físicas foi necessário adquirir diferentes tipos de materiais e documentos cartográficos, tais como uso e ocupação do solo, litologia, tipos de solo, hidrografia e topografia¹⁰.

Por se tratar de imagens *raster* de diferentes fontes, em alguns momentos foi necessário a re-projeção do Datum de referência original para o SIRGAS 2000¹¹. No georreferenciamento, quando necessário, buscou-se atingir a Classe A do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC)¹².

Para os dados cadastrais (infraestrutura, equipamentos e dados institucionais), foram utilizados os arquivos técnicos do Inhotim, documentos oficiais e trabalho de campo. Quando os arquivos cedidos estavam no formato CAD, foi necessário atender aos cuidados apresentados por Davis Jr. e Fonseca (1994) ao se trabalhar com esses formatos em geoprocessamento. Dessa forma foi corrigido a topologia, diminuição do número de vértices, duplicada de elementos, etc.

Com relação aos dados botânicos, por se tratar de um componente composto quase que exclusivamente de atributos convencionais, recorreu-se os especialistas botânicos da Instituição, realizou-se trabalhos de campo e pesquisa de literatura específica como em: Dalcin (1997), Dalcin (1998), RBJB (2007), Lorenzi (2001), Lorenzi (2004) e Lorenzi (2009).

Em posse de todos esses dados, foi determinado o modelo conceitual. Algumas considerações sobre o modelo conceitual, lógico e físico são apresentadas no próximo tópico.

¹⁰ Uso e Ocupação do Solo e Sub-Bacias (do tema Hidrografia) foram obtidos por vetorização manual. Para a topografia, recorreu-se as imagens AsterGDEM, distribuídas gratuitamente na internet. Tipos de Solo e Litologia são dados institucionais.

¹¹ As Data mais comuns no Brasil são SAD69 e WGS84.

Para converter SAD69 para SIRGAS 2000 devem ser feitos os seguintes cálculos:

$dx = -66,870000$ $dy = 4,370000$ $dz = 38,520000$.

De acordo com o IBGE, SIRGAS 2000 e WGS84 são praticamente compatíveis, não sendo necessário a conversão.

¹² PEC Classe A: erro de 0,5 mm da escala do mapa, com desvio padrão 0,3 mm.

3.2 – Modelo conceitual, lógico e físico do Banco de Dados Geográfico

Apesar de assemelhar-se a uma visão de diferentes tipos de escala (apresentação da área, visualização dos dados cadastrais e seus objetos e verticalização nos dados convencionais), o banco de dados apresentado não possui hierarquia. Como seus componentes são georrelacionais, é possível acessar qualquer informação de forma independente.

Com fundamentos na técnica OMT-G, os dados foram organizados de forma conceitual. O software Microsoft Visio 2007 foi utilizado na construção do diagrama de classes. Nesse momento, o modelo apresenta as classes georreferenciadas e convencionais, geometria, relação espacial ou associação simples e os respectivos atributos¹³.

Definido o modelo conceitual, elaborou-se o modelo lógico. Nesse modelo é possível verificar a adequação dos nomes dos componentes do BDG e seus respectivos atributos. Foi também definido o relacionamento das entidades através das chaves primárias e secundárias de suas tabelas. Determinou-se também o tipo de dado (caractere, numérico inteiro, decimal, data, etc) de cada atributo e o tamanho dos campos. Todos os campos de entidades convencionais foram relacionados com objetos georreferenciados tornando possível localizar espacialmente a informação.

Por fim, o modelo físico foi elaborado para a implementação em ESRI *Geodatabase*. Dentre os diferentes tipos de *Geodatabase*¹⁴, de forma a não adquirir nenhum tipo de licença adicional e por se tratar de um banco de dados geográfico de pequeno porte, a implementação foi feita em *File Geodatabase*.

Para auxiliar o processo de criação do modelo físico, foi utilizada a ferramenta Case ArcGIS Diagrammer¹⁵, distribuído gratuitamente pela internet. Tendo como base os modelos anteriores, foi possível criar, de forma bastante intuitiva, as classes de feições, conjuntos de feições e atributos, topologia, domínio e subtipos.

¹³ O modelo conceitual, lógico e físico estão em anexo.

¹⁴ Tipos de *Geodatabase*: *File*, *Personal* e *ArcSDE*.

¹⁵ Descrição e download em: <http://arcscripsts.esri.com/details.asp?dbid=15166>

Para verificar a eficiência do modelo físico, foi possível validar o esquema e exportá-lo em XML para trabalho em ambiente do ArcCatalog¹⁶. Com a estrutura do *Geodatabase* e seus temas pré-definidos adicionou-se as informações geométricas das feições geográficas e os dados tabulares convencionais ao banco de dados. Ressalta-se que o uso do ArcGIS Diagrammer também foi importante na geração dos metadados do BDG.

3.3 – Disponibilização em rede local

Finalizado o BDG Inhotim, utilizou-se o ambiente do ArcMap¹⁷ para a visualização e edição de toda a informação. Formatou-se todos os elementos para facilitar a manipulação da informação para qualquer tipo de usuário. Assim, por exemplo, alguns rótulos e objetos aparecem apenas após um *zoom* pré-determinado, não poluindo o mapa.

Os dados foram disponibilizados em rede local no formato .pmf através da extensão ArcPublisher. O arquivo publicado pode ser acessado com o uso do ArcReader, software gratuito para a manipulação de mapas gerados pelo ArcGIS.

O pacote de dados foi armazenado na rede local do Inhotim. Foram também instalados o ArcReader em alguns computadores da instituição.

¹⁶ ArcCatalog é um aplicativo de administração de Banco de Dados Geográfico (*Geodatabase*) dos produtos da ESRI (ESRI, 2006).

¹⁷ ArcMap é o principal componente de geoprocessamento da suíte de aplicativos da ESRI ArcGIS. Sua principal função é visualizar, editar, criar e analisar dados geoespaciais. Ele permite que o usuário explore os dados dentro de um conjunto de feições, simbolizar suas características e criar mapas (ESRI, 2008).

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste Capítulo são apresentados os resultados obtidos por meio da aplicação dos materiais e métodos abordados nos tópicos do Capítulo 3. O texto possui discussões e análises relativas a cada etapa de trabalho. Essas análises e discussões de resultados irão fornecer as bases para diversas inferências e consolidação das conclusões do trabalho.

No que se refere à definição dos dados georreferenciados e convencionais, as informações adquiridas para a caracterização física mostraram-se pouco satisfatórias, apesar do ponto positivo de aquisição sem custo.

Diferente de análises regionais onde a escala dos dados apresentados de litologia, tipo de solo e topografia poderiam ser adequados (1:25000 e menores), o espaço geográfico do Instituto Inhotim é complexo e, relativamente, pequeno. Isso resulta na necessidade de dados físicos mais precisos, de escala 1:5000 e maiores. Dessa forma, verificou-se a incompatibilidade de escalas das informações de características físicas. As imagens *raster* serviram apenas como consulta geral da informação temática.

Mesmo realizada as correções necessárias já mencionadas, foram encontrados alguns outros problemas nos dados cadastrais em formato CAD. Apesar do sistema geodésico padrão da instituição, verificou-se a falta de preocupação com o sistema de coordenadas em arquivos técnicos recentes, afetando diretamente a qualidade da informação e tempo na conversão dos arquivos.

No modelo conceitual verificou-se a aplicabilidade da técnica de modelagem orientada a objetos para aplicações geográficas. Sua estrutura permitiu trabalhar de forma eficiente os conceitos das classes de feições, raster e tabelas que compõem o banco de dados. A definição prévia de geometria, atributos, cardinalidade e relações facilitou todo o processo decorrente de modelagem lógica e física.

A seguir é apresentado o modelo conceitual do BDG Inhotim. (Figura 09)

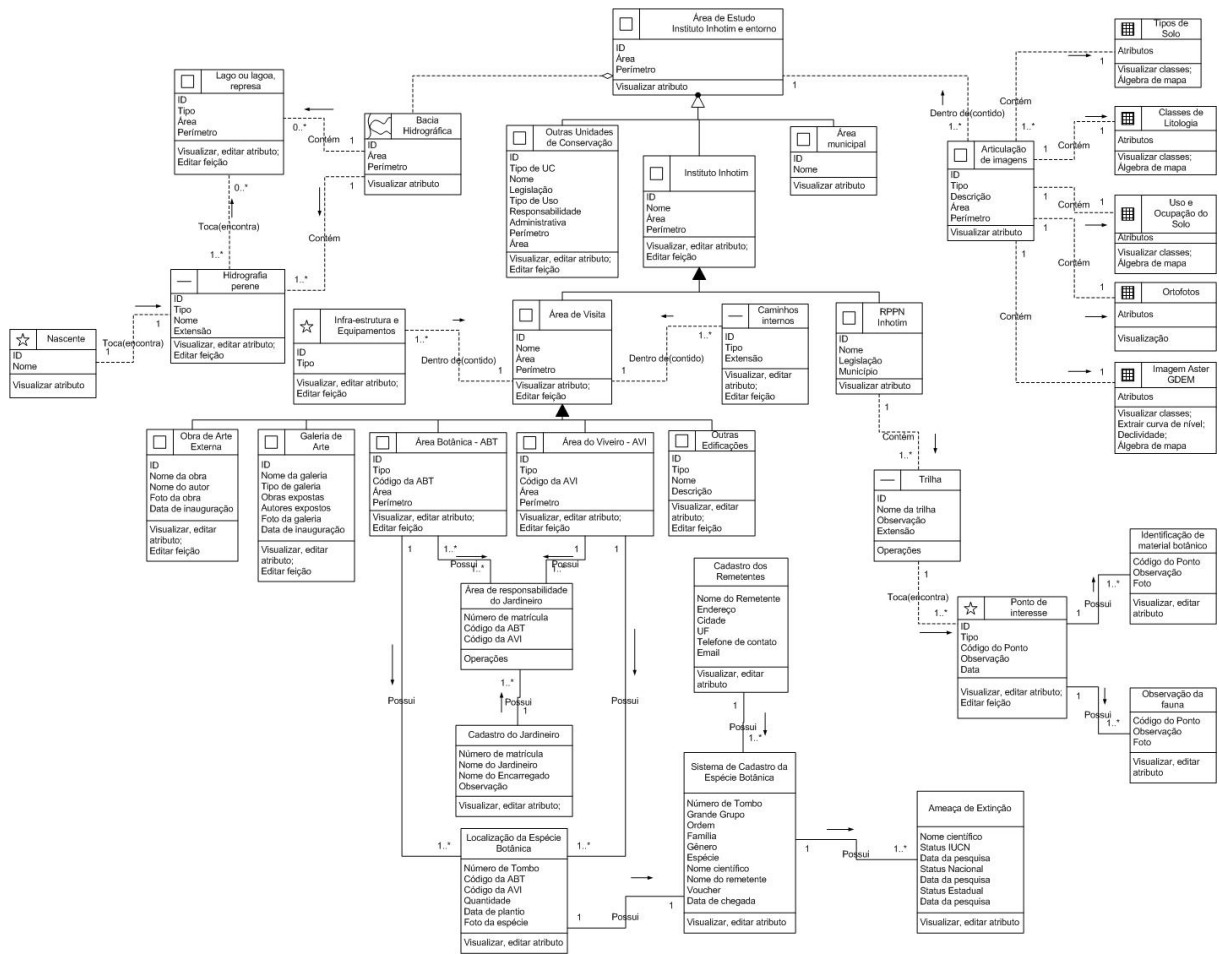


Figura 09 – Modelo conceitual do BDG Inhotim baseado na técnica OMT-G

A escolha do esquema do modelo físico com a representação de atributo e geometria no mesmo campo foi à forma que mais se assemelhou à concepção de objetos geográficos adotado pelo modelo OMT-G, facilitando a passagem do modelo lógico para o físico. O resultado do modelo físico é apresentado a seguir. (Figura 10)

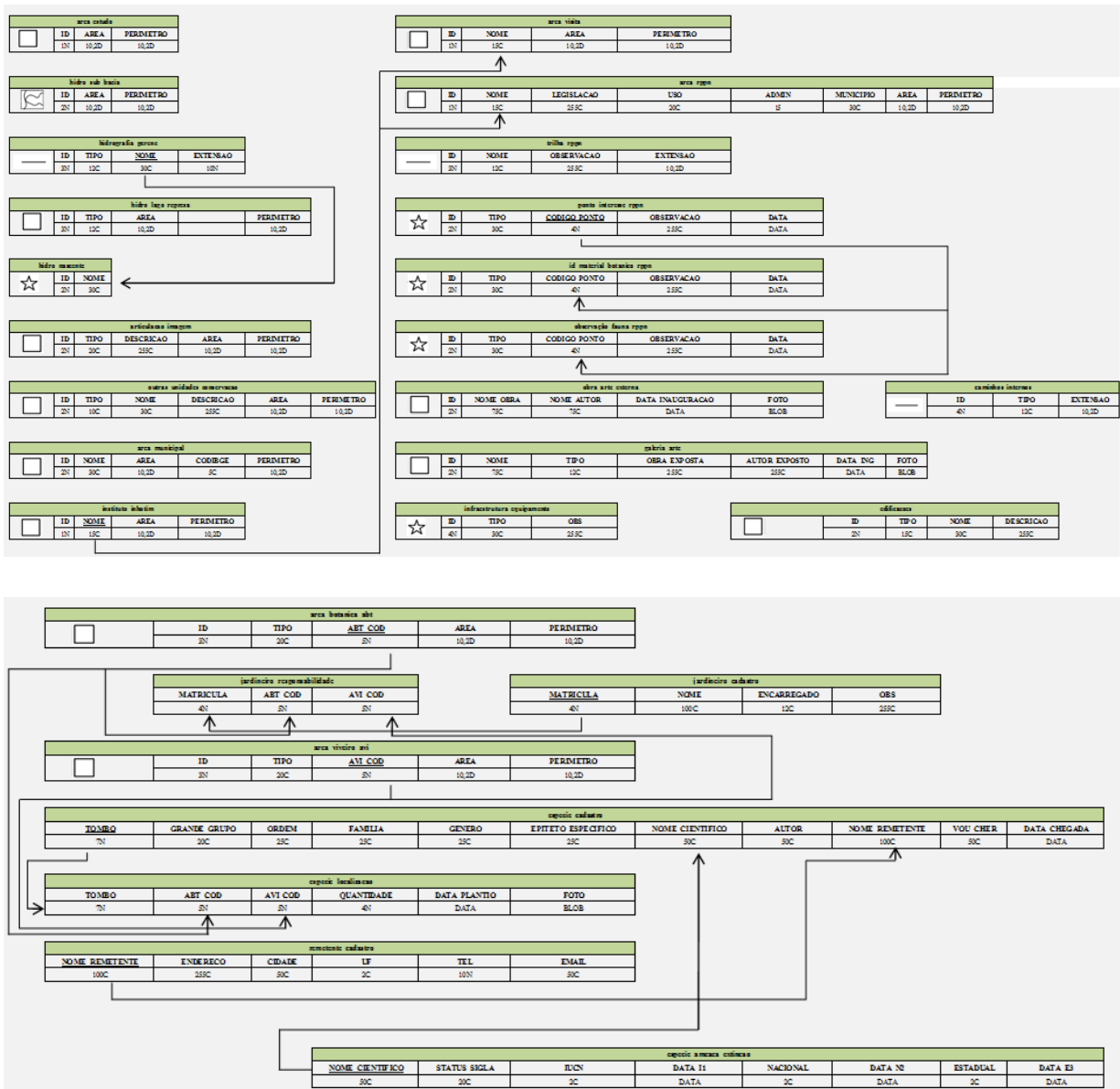


Figura 10 – Modelo lógico do BDG Inhotim

Quanto ao modelo físico, a escolha do *File Geodatabase* mostrou-se eficiente para um banco de dados de pequeno porte, mesmo que este não possua acesso remoto ou edição multiusuário.

A ferramenta Case ArcGIS Diagrammer mostrou-se bem adaptada para a definição do esquema do projeto físico. Quando encontrada a dificuldade em validar alguma topologia ou relacionamento, recorreu-se a manipulação no ArcCatalog. O relatório de metadados foi também uma ferramenta fundamental para verificar toda a estrutura final do BDG.

Abaixo temos as figuras da criação do modelo físico no ArcGIS Diagrammer, sua estrutura em ambiente do ArcCatalog e parte dos metadados. (Figura 11, 12 e 13)

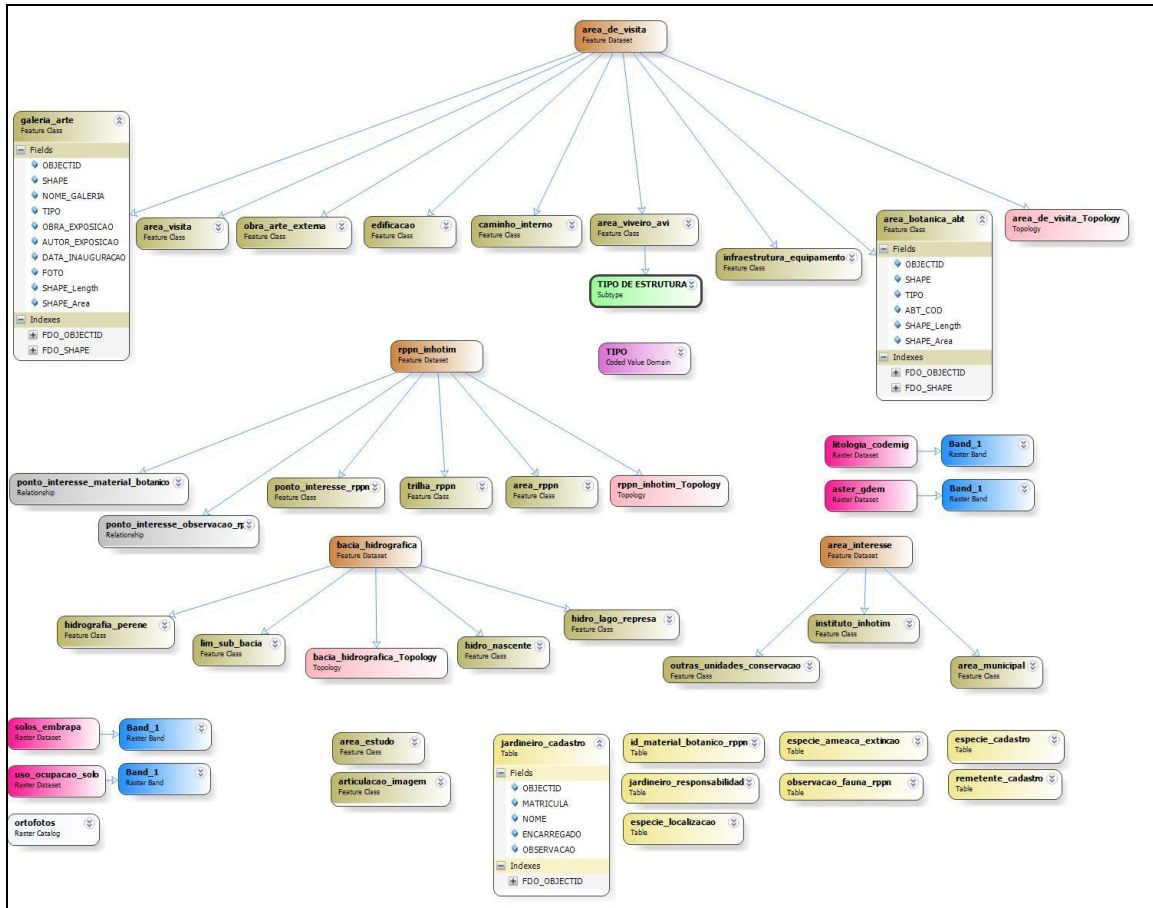


Figura 11 – Modelo físico do BDG Inhotim. Apenas algumas classes estão detalhadas nesta figura.

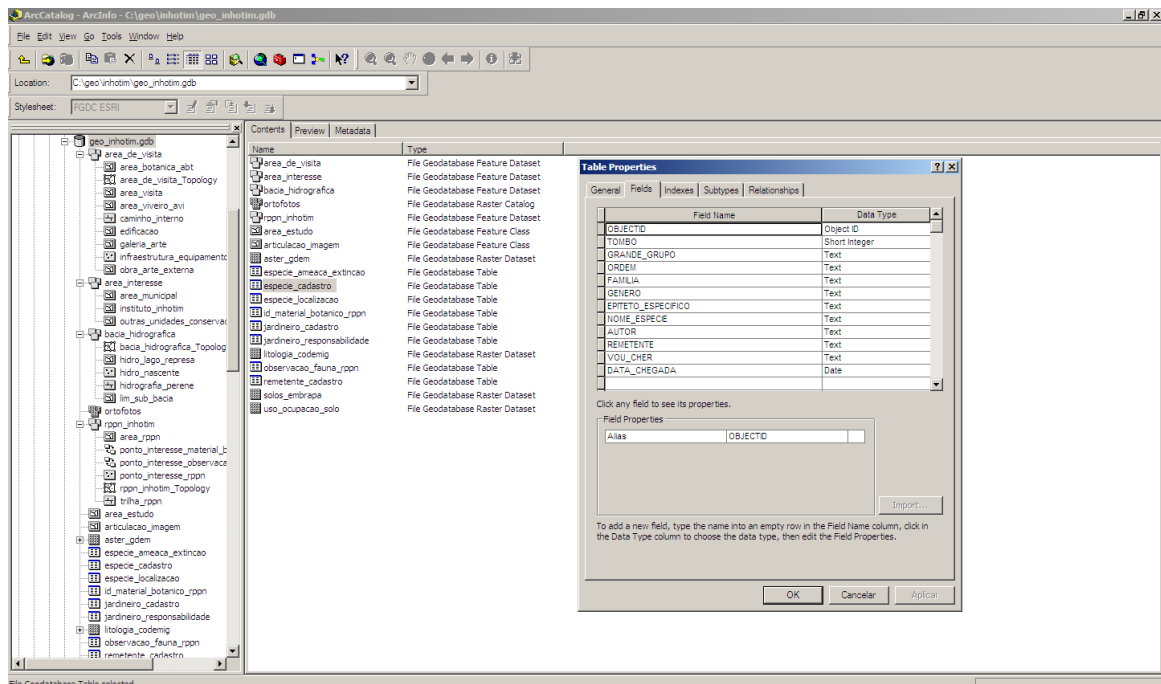


Figura 12 – Estrutura do BDG Inhotim visualizada no ArcCatalog. A figura apresenta as diferentes classes de feições e conjuntos de feições, tabelas, topologia, arquivos raster, etc.

area viveiro_avi						
Alias	Área com Material Botânico no Viveiro		Geometry:Polygon			
Dataset Type	FeatureClass		Average Number of Points:0			
FeatureType	Simple		Has M:No			
			Has Z:No			
			Grid Size:0			
Field Name	Alias Name	Model Name	Type	Precn.	Scale	Length Null
OBJECTID	OBJECTID	OBJECTID	OID	0	0	4 No
SHAPE	SHAPE	SHAPE	Geometry	0	0	0 Yes
TIPO	TIPO DE ESTRUTURA DO VIVEIRO	TIPO	String	0	0	20 No
AVI_COD	CÓDIGO DA ESTRUTURA DO VIVEIRO	AVI_COD	Small Integer	0	0	2 No
SHAPE_Length	PERIMETRO	SHAPE_Length	Double	0	0	8 Yes
SHAPE_Area	AREA	SHAPE_Area	Double	0	0	8 Yes
Subtype Name	Default Value	Domain				
ObjectClass						
AVI_COD	0	-				
New Subtype (AVI_COD=0) [Default]						
TIPO	1	TIPO				
Index Name	Ascending	Unique	Fields			
FDO_OBJECTID	Yes	Yes	OBJECTID			
FDO_SHAPE	No	No	SHAPE			
rppn_inhotim						
X	-5120900	10000				
Y	1900	10000				
M	-100000	10000				
Z	-682.888323500003	4194304001953.12				
Coordinate System Description						
PROJCS["SIRGAS_2000_UTM_Zone_23S",GEOGCS["GCS_SIRGAS_2000",DATUM["D_SIRGAS_2000",SPHEROID["GRS_1980",6378137.0,298.257222101],PRIMEM["Greenwich",0.0],UNIT["Degree",0.0174532925199433]],PROJECTION["Transverse_Mercator"],PARAMETER["False_Easting",500000.0],PARAMETER["False_Northing",1000000.0],PARAMETER["Central_Meridian",-45.0],PARAMETER["Scale_Factor",0.9996],PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0.0],UNIT["Meter",1.0],AUTHORITY["EPSG",31983]]						
Name: bacia_hidrografica_Topology						
Feature Class	Weight	XY Rank	Z Rank	Event Notification		
hidro_lago_represa	5	1	1	No		
hidro_nascente	5	1	1	No		
hidrografia_perene	5	1	1	No		
lim_sub_bacia	5	1	1	No		
Topology Rules	Origin (FeatureClass:Subtype)	Rule Type	Destination (FeatureClass:Subtype)	Trigger Events		
lim_sub_bacia: All Subtypes	lim_sub_bacia: All Subtypes	Must not have overlaps	lim_sub_bacia: All Subtypes	No		
hidro_nascente: All Subtypes	hidro_nascente: All Subtypes	Point must be covered by line	hidrografia_perene: All Subtypes	No		
hidro_nascente: All Subtypes	hidro_nascente: All Subtypes	Must be properly inside polygons	lim_sub_bacia: All Subtypes	No		

Figura 13 – Metadados do BDG Inhotim. É possível verificar com detalhe os campos de atributos das classes de feição.

Com o projeto físico finalizado, adicionou-se as classes de feições e os dados das tabelas no ArcMap. Dessa forma verificaram-se os erros de topologia e a funcionalidade do relacionamento entre tabelas e a inserção de dados através dos domínios. Foi também possível pesquisar feições por localização espacial e por atributo através de pesquisa SQL, verificando a aplicação do BDG Inhotim.

Quando encontrado um erro de topologia, a feição foi editada de acordo com a regra topológica. As figuras a seguir ilustram o erro e correção de topologia no tema Hidrografia. (Figuras 14 e 15)

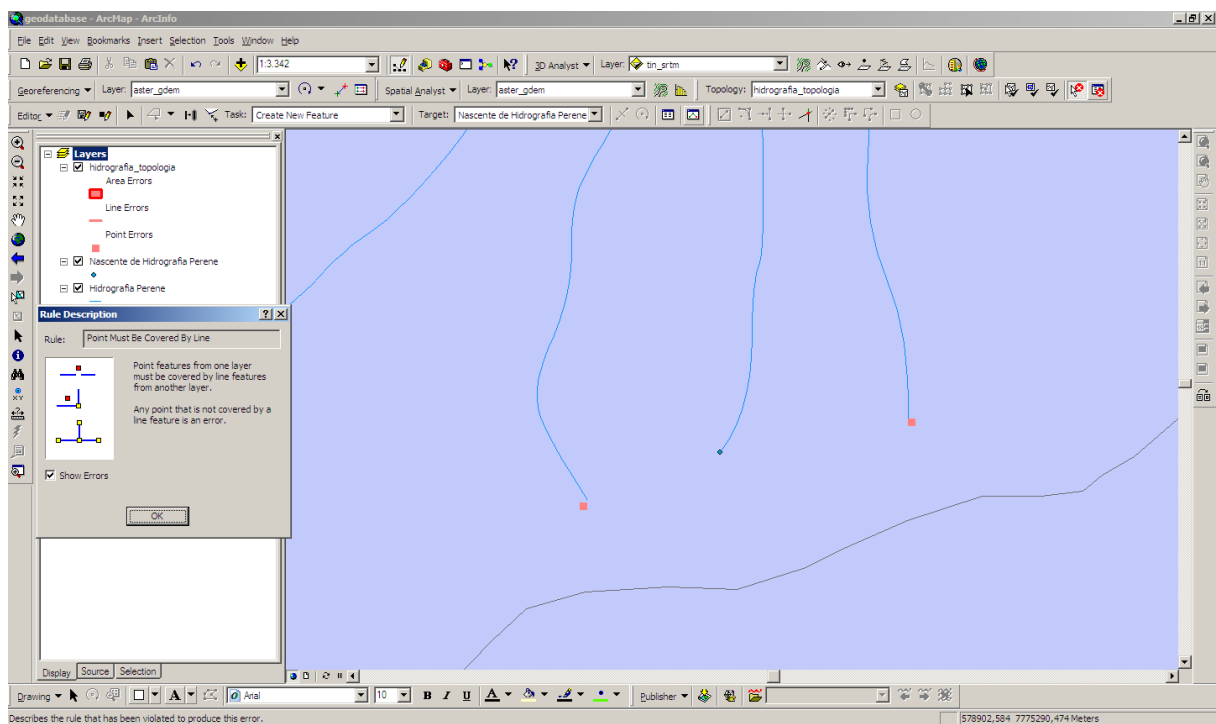


Figura 14 – Erro de topologia no tema Bacia Hidrográfica A figura apresenta os erros de edição de acordo com a regra de topologia. As nascentes em vermelho devem estar conectadas a uma hidrografia perene.

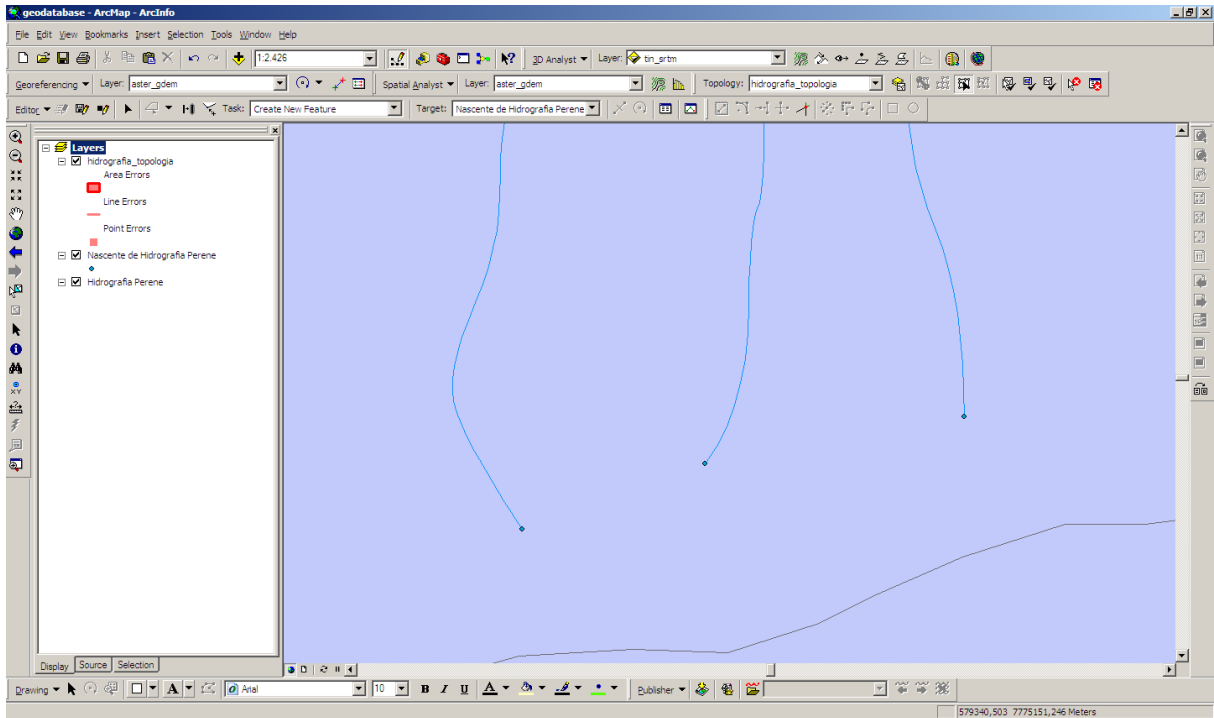


Figura 15 – Correção do erro topológico do tema Bacia Hidrográfica. Editada a feição, a topologia foi validada.

Abaixo temos os exemplos de pesquisa por localização espacial, por atributo e o relacionamento entre as tabelas. (Figuras 16 e 17)

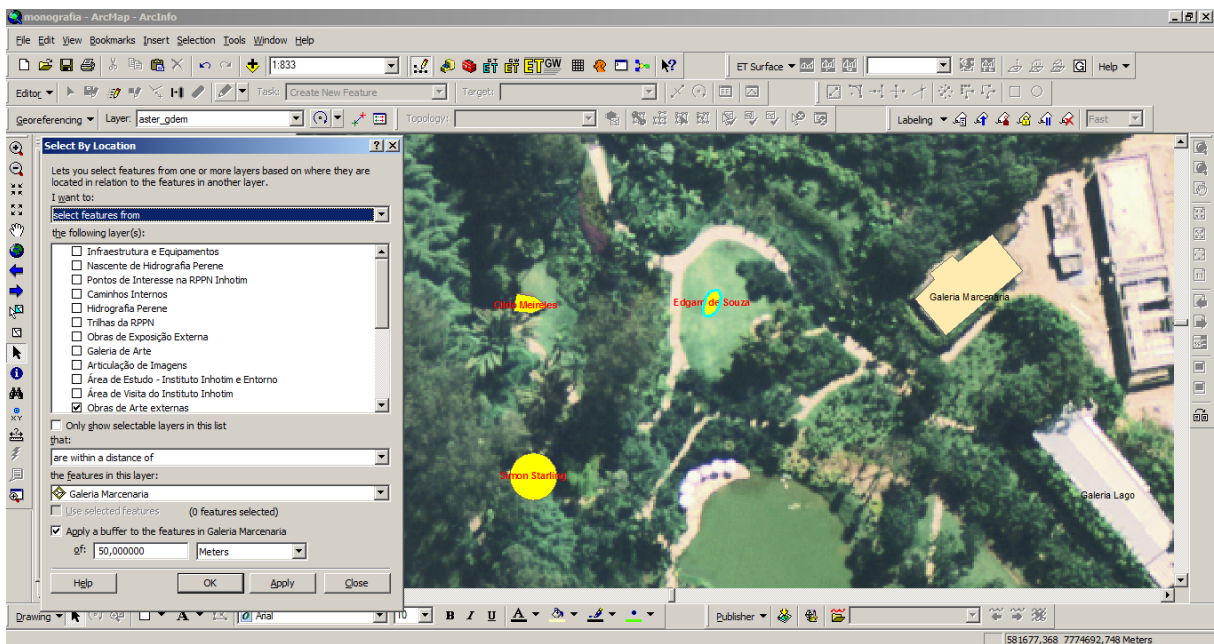


Figura 16 – Pesquisa por localização espacial. Obras de arte externas que estão a uma distância de 50 metros da Galeria Marcenaria.

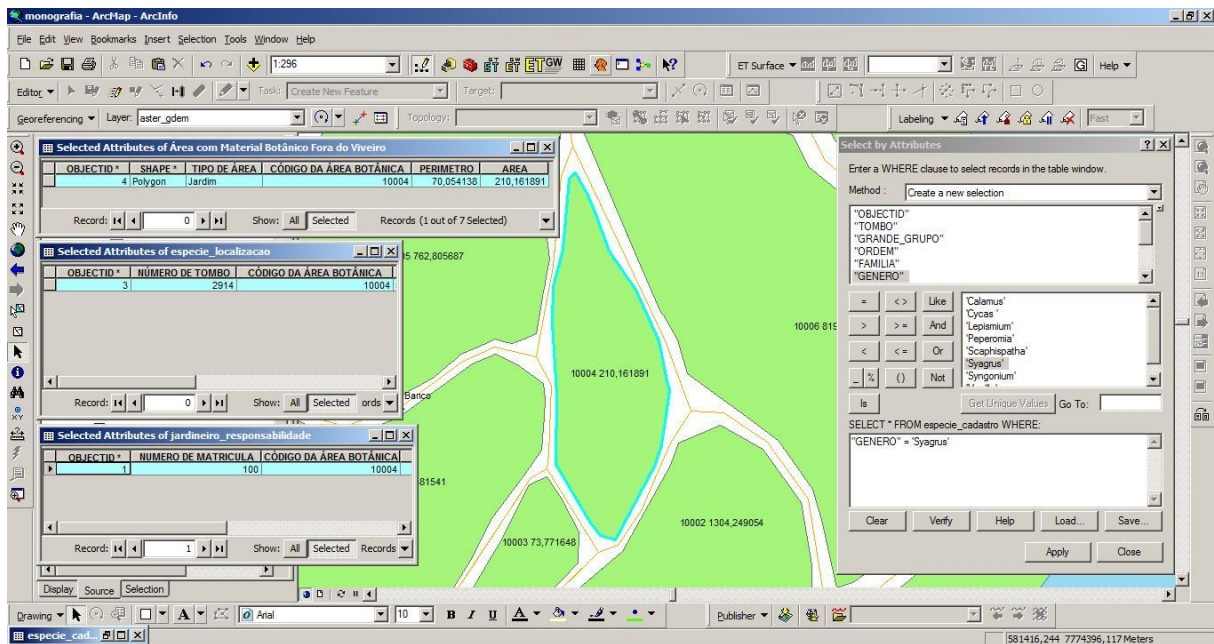


Figura 17 – Pesquisa SQL por atributo convencional. Localização do gênero “*Syagrus*” na Área Botânica “10004”. Através do relacionamento entre as tabelas, é possível verificar que a área é do Tipo “Jardim” e de responsabilidade do jardineiro de número de matrícula “100”.

Por fim, a publicação dos dados com o uso do ArcPublisher e a visualização das informações com o ArcReader atenderam o objetivo de disponibilizar as informações em rede. Foi possível verificar que o arquivo *.pmf permite o acesso simultâneo de mais de um usuário.

Outro ponto importante da publicação foi a possibilidade de facilitar a interpretação das informações geográficas para o público leigo. Configurar cores, rótulo das feições e adequação de camadas de acordo com a escala foram uma das alternativas utilizadas. A seguir temos uma figura da tela do ArcReader, sendo possível verificar o acesso à informação tabular através de uma pesquisa no software e a possibilidade de visualização de fotografias adicionadas aos objetos. (Figura 18)

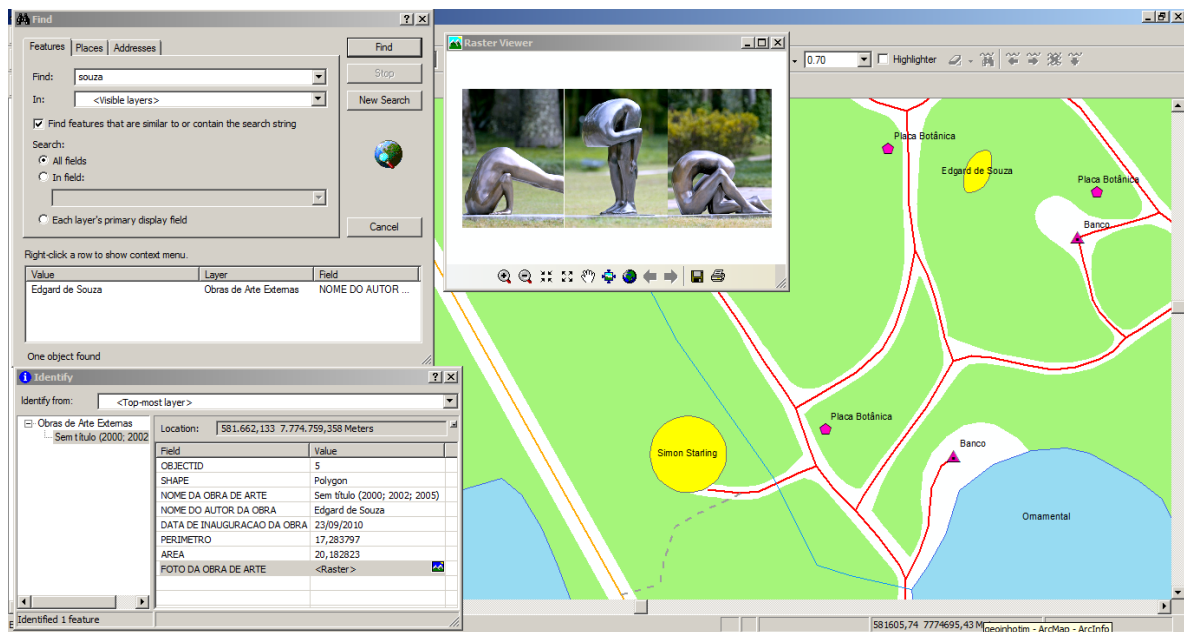


Figura 18 – Tela do projeto final em ambiente ArcReader. Qualquer usuário com o software instalado pode navegar de forma interativa pelo espaço geográfico do Instituto Inhotim.

Entretanto, apesar desses aspectos, podemos destacar três pontos negativos desse tipo de utilização:

- Necessidade de instalação do ArcReader nos computadores, mesmo que este seja um software gratuito;
- Não é possível acessar a tabela de atributos. Apesar de permitir visualizar os dados através da ferramenta de identificação, não é possível explorar individualmente cada atributo, seja das feições espaciais ou convencionais;
- A pesquisa de localização espacial ou por atributo é limitada, para não dizer inviável. É possível pesquisar objetos e atributos, mas não são definidas as regras tal como em ambiente ArcMap.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Devido às particularidades do funcionamento de um Sistema de Informação Geográfico vinculado a um Banco de Dados Geográfico, estes ganham espaço em empreendimentos públicos e privados, amadurecendo as técnicas e ferramentas de geoprocessamento. Contudo, a literatura nos aponta que alguns projetos nessa área falham por falta de objetividade no planejamento, recursos (financeiros, material e de pessoas), e, às vezes, pelo nível de complexidade.

Baseado no princípio de que diferentes áreas dividem o mesmo espaço institucional e, por sua vez, repartem também o uso das estruturas, equipamentos e informação, este projeto buscou interligar parte dos dados do Instituto Inhotim banco de dados geográfico. Através das técnicas de modelagem dos dados foi possível ter uma visão objetiva e integrada do complexo funcionamento institucional.

Os procedimentos utilizados viabilizaram a gestão da informação em um banco de pequeno porte, de baixo custo de material cartográfico e de gerenciamento centralizado em *File Geodatabase*. As regras de topologia, relacionamento entre tabelas e criação de domínios são pontos positivos que contribuiram para a gestão da integridade de informação geográfica e convencional do Inhotim.

Retomando as principais considerações apontadas no capítulo anterior, algumas conclusões podem ser feitas através dos resultados atingidos.

Primeiramente, torna-se necessário a aquisição de material cartográfico de escala grande e atualizado. Por se tratar de uma instituição de constante expansão, as imagens e dados cartográficos em geral devem acompanhar tal desenvolvimento, mantendo atualizações periódicas.

Por abordar aspectos institucionais bem generalistas, outros temas deixaram de ser abordados. O controle fitossanitário das espécies ou mesmo o aperfeiçoamento do sistema de registro de

material botânico são outros exemplos de alternativas de modelagem que possam interessar na gestão do Jardim Botânico Inhotim.

Na implementação e manipulação dos dados em SIG, existem alternativas não proprietárias que ganham espaço no meio acadêmico e profissional. Para o Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional, o PostgreSQL e sua extensão espacial PostGIS são alternativas de projetos consolidados que diminuem diretamente o custo do projeto. Além disso, outros benefícios surgiriam, como a capacidade de trabalho de BDG mais complexos, acesso remoto aos dados, edição multiusuário, etc.

O trabalho em ambiente SIG também é beneficiado com o uso de softwares livres como o QuantumGIS e GvSIG. Para a publicação dos dados, o uso de servidores de mapas como Geoserver e Mapserver são também alternativas gratuitas para a difusão de informação na internet ou rede local.

Esses pontos merecem serem destacados para que os próximos trabalhos em geoprocessamento possam contribuir efetivamente na criação de um sistema de informação geográfico corporativo da instituição.

Apesar dos esforços empreendidos neste trabalho e dos benefícios alcançados, criar um banco de dados geográfico do Instituto Inhotim ainda permanece como um desafio. Longe de esgotar todas as temáticas institucionais, é, portanto, necessário à continuação de outros futuros estudos nessa linha de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, K.A.V. **Modelagem de dados geográficos – uma extensão do modelo OMT para aplicações geográficas**. Dissertação de Mestrado, Escola de Governo de Minas Gerais, Fundação João Pinheiro. Belo Horizonte, 1997.

BORGES, K.A.V. **Modelagem de Dados Geográfico**. Curso de Especialização em Geoprocessamento, UFMG. Belo Horizonte, 2002.

BORGES, K.A.V., DAVIS JR., C.A., LAENDER, A.H.F. **OMT-G: an Object-Oriented Data Model for Geographic Applications**. *GeoInformática* 5(3): 221-260, 2001.

CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**. Tese de Doutorado em Computação Aplicada. São José dos Campos, INPE, dezembro 1995.

CÂMARA, G.; DAVIS JR, C.A.; MONTEIRO, A.M.V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. INPE, 2001.

CÂMARA, G.; DAVIS JR., C.A.; CASANOVA, M.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G.R. **Banco de Dados Geográfico**. Curitiba: Mundogeo, 2005.

CODEMIG. **Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG**. UFMG, Codemig. Belo Horizonte, 2005.

CORREA, R.L. **Geografia – Conceitos e Temas**. Bertrand Brasil - 12ª Edição, 2007.

COUTINHO, Luiz Amadeu. **Banco de Dados Geográfico de Desastres Naturais: Projecto Conceitual, Inventariação e Proposta para Difusão dos Dados**. Dissertação de Mestrado em Gestão do Território, área de especialização em Detecção Remota e Sistemas de Informações Geográficas. FCSH, Universidade Nova de Lisboa. 2010

DALCIN, E.C. **Aspectos na implementação de sistemas de registros informatizados em jardins botânicos**. Plumeria, 1998.

DALCIN, E.C., *et al.* **De banco de dados a centro de informações e serviços: Uma experiência para a Reserva Ecológica de Macaé de Cima. Serra de Macaé de Cima: Diversidade florística e conservação em Mata Atlântica**. 1997.

DAVIS JR., C.A. **Modelagem de dados geográficos (parte I)**. *Revista InfoGeo* 1(2):38-40, 1998.

DAVIS JR., C.A.; FONSECA, F.T. **Conceitos e Aplicações em GIS**. Belo Horizonte, UFMG-IGC, 1999.

DAVIS JR, C.A. **Geoprocessamento: dez anos de transformações**. Granemann, E. Z. (editor) Geoinformação: Passado, Presente, Futuro. Editora Espaço Geo, Curitiba (PR), 2001.

DAVIS JR, C.A.; FONSECA, F.T. **Geração de Dados em CAD para Uso em GIS: Precauções**. PRODABEL - Processamento de Dados do Município de Belo Horizonte S.A.. Belo Horizonte, 1994.

ESRI. **ArcInfo 9 - Using ArcGIS Desktop**. United States of America, 2006.

ESRI. **ArcGIS 9 - What is ArcGIS 9.3?**. United States of America, 2008.

ESRI. **ArcGIS 9 - Building Geodatabases Tutorial**. United States of America, 2008.

ESRI. **Geographic (datum) transformations, parameters and areas of use**. United States of America, 2008.

FERRARI JÚNIOR, R. **Viagem ao SIG: planejamento estratégico, viabilização, implantação e gerenciamento de sistemas de informação geográfica** / Roberto Ferrari Júnior. -- Curitiba : Sagres, 1997.

FERREIRA, Nilson Clementino. **Apostila de Sistema de Informações Geográficas**. Área de Geomática, Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás. Goiânia, 2006.

GOMES, J.M; VELHO, L. **Computação Visual: Imagens**. Rio, SBM, 1995.

HELPERICH, Gerard. **O cosmos de Humboldt: Alexander von Humboldt e a viagem à América Latina que mudou a forma como vemos o mundo**. Gerard Helferich, tradução de Adalgisa Campos da Silva. Rio de Janeiro: Objetiva, 2005.

IBGE. **Normas Técnicas da Cartografia Nacional Decreto nº89.817 de 20 de julho de 1984**. Brasil: IBGE, 1984.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. IBGE, 2010.
<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>

IEF. Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais. IEF, 2010.
<http://www2.siam.mg.gov.br/webgis/semadmng/viewer.htm>

INHOTIM. **Documentação do Jardim Botânico**. Instituto Inhotim. Brumadinho, 2010.

LORENZI, Harri et al. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2004.

LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum.

LORENZI, Harri; SOUZA, Hermes Moreira de. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 3. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2001.

MOURA, André Negrão de; ANDRADE, José Geraldo Pena de; LUVIZOTTO JUNIOR, Edevar. **Compartilhamento de Dados entre Sistemas de Informação Geográfica e Modelos de Simulação Hidráulica**. Gobierno de Chile; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Agua, Vida y Desarrollo. Santiago de Chile, IICA, oct. 2001.

PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento). Atlas **do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2000**. Fundação João Pinheiro, Governo de Minas Gerais, 2000.

QUEIROZ, Gilberto Ribeiro; FERREIRA, Karine Reis: **Tutorial sobre Banco de Dados Geográficos**. GeoBrasil 2006 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006.

RBJB. **RGRecorder Brasil - Programa de manejo de informações sobre coleções de plantas vivas em Jardins Botânicos**. Rede Brasileira de Jardins Botânicos / Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2007.

RODRIGUES, Marcos. **Anais da quarta conferência latino-americana sobre sistemas de informação geográfica/segundo simpósio brasileiro de geoprocessamento**. São Paulo: Epusp, 1993.

UCHOA, Helton Nogueira; FERREIRA, Paulo Roberto. **Geoprocessamento com software livre - versão 1.0**. Geolivres, 2004.

UFV, Universidade Federal de Viçosa. **Apostila de Geoprocessamento (CIV 421)**. Universidade Federal de Viçosa – MG, 2008.