

Revista Brasileira de Cartografia (2017), Nº 69/7: 1313-1337
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

PROPOSIÇÃO DE MODELO CONCEITUAL DE BANCO DE DADOS GEOESPACIAL PARA O CADASTRO AMBIENTAL RURAL

*Proposal of Conceptual Model of Geospatial Database for the Rural
Environmental Register*

**Rodrigo de Souza Couto^{1,2}, Ricardo Seixas Brites¹, Edilson de Souza Bias¹,
Alexandre de Amorim Teixeira³ & Rogério Baptista de Sousa¹**

¹Universidade de Brasília – UnB

Instituto de Geociências

Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Brasília, DF, Brasil
coutorodrigo@gmail.com, brites@unb.br, edbias@unb.br, rogeriobsousa@gmail.com

²Instituto Brasília Ambiental – IBRAM

Gerência de Informações Ambientais

Brasília-DF, Brasil

rodrigo.couto@ibram.df.gov.br, coutorodrigo@gmail.com

³Agência Nacional de Águas – ANA

Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos

Brasília-DF, Brasil

alexandre.amorim@ana.gov.br

Recebido em 17 de Julho, 2017/ Aceito em 25 de Agosto, 2017

Received on July 17, 2017/ Accepted on August 25, 2017

RESUMO

A crescente produção de dados geoespaciais em formatos digitais e consequentemente o aumento da demanda por dados/informações espaciais, em termos quantitativos e qualitativos, requer dos órgãos públicos e privados a organização de uma estrutura que permita aos usuários o fácil conhecimento das informações já produzidas, o registro de novas informações e a disponibilização delas. A proposta deste trabalho é desenvolver um modelo conceitual de banco de dados que auxilie o Distrito Federal na organização das informações geoespaciais referente ao Cadastro Ambiental Rural – CAR, a partir da elaboração da modelagem de dados geoespaciais que permitam uma melhor compreensão e organização dos dados disponibilizados pelo Sistema de Cadastro Ambiental Rural – SICAR. Para tanto, a modelagem proposta explicita a regras aplicadas aos dados oriundos dos cadastros ambientais rurais e que podem ser aplicadas e aprimoradas com o propósito de desenvolver novas ferramentas de gestão de informações relacionadas ao tema CAR.

Palavras-chave: Banco de Dados Geográficos, Modelagem de Dados Geográficos, OMT-G, Cadastro Ambiental Rural, CAR, SICAR, Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, Compartilhamento de Dados Geoespaciais.

ABSTRACT

The increasing of geospatial data production in digital formats and consequently the increasing of the demand for spatial data / information in quantitative and qualitative terms requires from the public and private agencies to organize a structure that allows the users to easily know the information already produced and the registration new information and the availability of them. The aim of this project is to develop a conceptual database model to aid the Distrito

Federal in the organization of geospatial information related to the Rural Environmental Registry - CAR, based on geospatial data modeling elaboration that allows a better understanding and organization of the data provided by the Environmental Cadastre System - SICAR. So, this modeling method exposes these rules applied from the data of the rural environmental registers. It can be used and improved for the purpose of developing new information management tools related to the CAR theme.

Keywords: Conceptual Modeling, OMT-G, CAR Theme, Environmental Cadastre System, Rural Environmental Registry, Geospatial Data Modeling, National Spatial Data Infrastructure.

1. INTRODUÇÃO

Criado pelo Novo Código Florestal (Lei 12.651/2012) no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente - SINIMA, o CAR se constitui em base de dados estratégico para o controle, monitoramento e combate ao desmatamento das florestas e demais formas de vegetações nativas existentes no território nacional.

O CAR é o registro público das informações ambientais dos imóveis rurais e tem por finalidade identificar e integrar as informações ambientais das propriedades rurais. A finalidade do registro é integrar as informações ambientais referentes às Áreas de Preservação Permanente - APPs, áreas de Reserva Legal - RL, florestas e remanescentes de vegetação nativa, áreas de uso restrito e áreas consolidadas das propriedades e posses rurais de todo o país (BRASIL, 2012b).

Para que ocorra o sucesso nos cadastramentos realizados pelos proprietários e nas análises ambientais realizadas pelos órgãos ambientais é fundamental que as informações geoespaciais relacionadas ao CAR estejam organizadas em um uma base de dados que permita o armazenamento, disponibilidade e eficiência durante as consultas aos dados por meio de Sistemas de Informações Geográficas – SIGs.

Os Sistemas de Informações Geográficas em conjunto com os Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados Espaciais – SGBDE – podem ser utilizados para os gerenciamentos das informações inerentes ao CAR, pois os dados descrevem grandes extensões de área com riqueza de detalhes e, por se tratarem de dados geoespaciais, possuem estruturas e inter-relacionamentos complexos, tais como localização espacial, geometrias, relações de vizinhança, além de outros relacionamentos de ordem complexa relacionadas à topologia.

Segundo Rajabifard *et al.* (2008), é muito importante que se tenha uma infraestrutura de dados que permita o acesso e a disponibilidade deles, pois a estruturação da informação permitirá o planejamento e a gestão integrada e permanente sobre determinado tema.

De acordo com Elmasri e Navanthe (2005), a construção de um banco de dados é um processo que visa armazenar informações em Sistema Gerenciador de Banco de Dados – SGBDs. Deste modo, o armazenamento das informações relacionadas ao CAR em SGBDs facilitará a recuperação, manipulação, atualização e compartilhamento aos múltiplos usuários por meio de plataformas de acesso a banco de dados.

Elmasri e Navanthe (2005) definem o modelo de dados como um conjunto de elementos que podem ser usados para compreender e descrever a estrutura de um banco de dados.

Neste sentido, o modelo de dados tem por objetivo fornecer o significado necessário para permitir a representação dos dados que descrevem um fenômeno em um ambiente digital. Os tipos de dados, seus relacionamentos e restrições que devem suportar os dados são os elementos que descrevem a estrutura do modelo de dados.

De acordo com Teorey *et al.* (2011), aplica-se à modelagem de dados conceitual conceitos referentes à entidade-relacionamento (ER) que consiste em três classes de objetos: entidades, atributos e relacionamentos. A entidade representa o objeto em seu mundo real, o atributo é elemento que traz mais informações que auxiliam na descrição da entidade. O relacionamento representa a forma como as entidades se associam dentro do modelo de dados.

A modelagem do banco de dados do CAR passa pelo processo de definição de entidades, atributos e relacionamentos, mas, por tratar-se de um dado geoespacial, é necessário que

sejam agregados conceitos importantes, tanto em relação à abstração de conceitos e entidades, quanto ao tipo de entidades representáveis e seu inter-relacionamento (BORGES,1997).

Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo oferecer informações complementares sobre os dados geoespaciais disponibilizados pelo SICAR e disponibilizar um modelo conceitual dos dados que permita um melhor entendimento e gerenciamento dos dados do CAR.

2. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Em 2014, o Ministério do Meio Ambiente – MMA – por meio do Serviço Florestal Brasileiro (SFB) disponibilizou um módulo de cadastro *off-line* para a realização de inscrições por parte dos produtores rurais. A plataforma criada tem como principal função permitir o cadastro dos imóveis rurais de localidades que não detinham acesso à internet.

O módulo de cadastro possui ferramentas que permitem aos cadastrantes acessar imagens orbitais de um determinado município, cadastrar o imóvel rural, gravar e ao final, enviar o cadastro.

Tendo em vista que o Distrito Federal, por meio do Instituto Brasília Ambiental – IBRAM, não conseguiu desenvolver uma plataforma que permitisse aos proprietários rurais realizar os cadastros ambientais rurais, houve a adoção do módulo de cadastro *off-line* como plataforma de cadastramento de imóveis rurais localizado no Distrito Federal.

Após a adoção da plataforma, ocorreram algumas tentativas de adaptações com vistas a atender legislações ambientais específicas e outras regras de negócio, que facilitariam o cadastramento dos imóveis por parte dos proprietários de imóveis rurais localizados no DF. Porém, mesmo com esforços promovidos pelo Portal do Software Público, que tem por objetivo disponibilizar softwares e disseminar informações sobre o desenvolvimento e distribuição de ferramentas voltadas para a gestão de informações por órgãos públicos, deparou-se com a indisponibilidade do software no Portal do Software Público, escassez de documentação detalhada sobre a solução tecnológica adotada na arquitetura do módulo SICAR e na modelagem do banco de dados utilizado pelo CAR, dificultando a modernização do sistema.

Desta forma, o DF adotou a ferramenta em sua forma originalmente concebida.

Atualmente, há duas formas de acessar os dados dos cadastros ambientais rurais dos estados:

Por meio do portal <http://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>. Neste ambiente, qualquer pessoa pode realizar o download da base de dados do CAR. Os dados são disponibilizados em formato vetorial na extensão shapefile (.shp), mas o campo referente ao código da inscrição é omitido. Portanto, não há possibilidade de relacionar todas as informações geoespaciais ao imóvel rural declarado. Desta forma são disponibilizados, em formato vetorial, 16 classes de dados geoespaciais cadastrados: área de preservação permanente, área consolidada, área de declividade superior a 45 graus, área do imóvel, área de pousio, área de topo de morro, banhado, borda de chapada, hidrografia, nascente/olho d'água, área de reserva legal, restinga, servidão administrativa, área de uso restrito, vegetação nativa e vereda.

Por meio do portal www.car.gov.br. Somente acessado por pessoas previamente autorizadas pelos órgãos estaduais gestores do SICAR. Nele, há a possibilidade de verificar as informações dos imóveis rurais declaradas pelos proprietários e realizar o download dos dados geoespaciais dos imóveis cadastrados de forma individual ou de todos os imóveis pertencentes a um determinado Estado ou Município. Esta base de dados contém a informação referente ao número de identificação de registro do cadastro.

Os dados geoespaciais disponibilizados para download de forma unitária são: área do imóvel, cobertura do solo, área de reserva legal, área de preservação permanente, servidão administrativa e marcadores de área de preservação permanente de cada propriedade rural. Embora, aparentemente, pareça que há poucos dados, este download contempla todas as informações geoespaciais cadastradas e também os dados derivados de operações espaciais realizadas pelo módulo de cadastro, de forma automática, e que foram alocadas na tabela de atributos dos dados geoespaciais. Lista-se, como dados derivados, as classes área líquida do imóvel, que está inserida na tabela de atributos da classe área do imóvel, e área não classificada que está inserida na tabela de atributos da classe cobertura do solo.

Os dados geoespaciais de todos os cadastros rurais do Estado ou Município são áreas de preservação permanentes, área consolidada, área do imóvel, área de pousio, hidrografia, pontos (centroide do imóvel rural), reserva legal, servidão administrativa, área de uso restrito e vegetação nativa. Neste formato, há ausência dos dados marcadores de área de preservação permanente que são referentes à localização pontual das nascentes e dos dados derivados por meio de operações espaciais.

3. CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS E INFORMAÇÕES

As informações geoespaciais utilizadas no desenvolvimento deste trabalho são oriundas dos cadastros submetidos ao SISCAR do Distrito Federal e disponibilizadas pelo IBRAM por meio de um perfil de gestor de monitoramento de acesso restrito.

As demais informações utilizadas, apresentadas no modelo conceitual, foram tratadas e utilizadas como dados secundários tendo em vista os seus relacionamentos no que se refere ao CAR. Estes dados são pertencentes aos órgãos da administração direta e indireta do Distrito Federal e da União.

As informações aqui descritas foram organizadas em um SGBD, em Sistema de Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000 (Sistema de Referência de identificação 4674) e codificação binária de caractere UTF-8

A seguir, na Tabela 1, os dados vetoriais disponibilizados pelo SISCAR.

Tabela 1: Especificação dos dados vetoriais utilizados

Referência:	Nome do arquivo de origem
Área Consolidada	area_consolidada.shp;
Área do Imóvel	area_imovel.shp;
Servidão Administrativa	servidao_administrativa.shp;
Área de Preservação Permanente	apps.shp;
Área de Pousio	area_pousio.shp
Hidrografia	hidrografia;
Reserva Legal	reserva_legal
Sede do Imóvel (centroide)	ponto
Áreas de Uso Restrito	uso_restrito
Vegetação Nativa	vegetacao_nativa

As principais fontes de informações secundárias são:

- Biomas;
- Municípios;
- Unidades de Conservação de Proteção Integral,
- Plano Diretor de Ordenamento Territorial – Art. 59 da Lei complementar nº 803, de 25 de abril de 2009 – Macrozoneamento urbano e rural.

Para trabalhar com os planos de informações espaciais foram empregados alguns aplicativos, a saber:

- SIG: QGIS versão 2.6 (Versão Brighton);

Atualmente, já estão bem documentadas na literatura as características que os dados geográficos possuem e que tornam atraente a utilização da Linguagem de Modelagem Unificada – UML. Assim, podem ser citadas as notações STER (Spatio-Temporal Entity-Relationship), Ext. UML, Patterns, GeoFrame e OMT-G (Object Modeling Technique for Geographic Applications), que são empregadas em modelagens de dados geográficos (FRIIS-CHRISTENSEN & TRYFONA; JENSEN, 2001).

Desta forma, a modelagem dos dados foi descrita conforme as premissas estabelecidas pelo modelo OMT-G, que tem por finalidade introduzir primitivas geográficas ao modelo UML que facilitem na representação e interpretação do modelo de dados. Posto isto, o modelo foi construído utilizando-se do *software* STARUML com sua extensão espacial para OMT-G. A ferramenta OMT-G *Designer* disponível de forma on-line por meio da execução do link <http://aqui.io/omtg/> também poderá ser utilizada para modelar e implementar em SGBD as informações do CAR.

4. MODELAGEM CONCEITUAL

De acordo com Câmara *et al.* (1995) um modelo de dados fornece ferramentas para descrever a organização lógica de bancos de dados, bem como de reunir as operações de manipulação de dados permitidas. O processo de modelagem tem por objetivo produzir uma visão abstrata da realidade. Quando bem conduzido, facilitará o acesso, utilização e manipulação dos dados, bem como a expansão do banco de dados e a sua integração com outros criados para aplicações distintas, mas que descrevem a mesma realidade. Todas estas observações

aplicam-se ao caso de SIG, exceto as que devem ser estendidas para incluir questões específicas ao Geoprocessamento.

Segundo Borges (1997), a modelagem tem por finalidade organizar os objetos e fenômenos que serão representados em um determinado sistema. Tendo em vista que representar a realidade é uma atividade extremamente difícil, a construção de um modelo de dados passa por uma etapa de abstração da realidade.

Desta forma a representação dos objetos e fenômenos do mundo real passa por uma simplificação que seja adequada às finalidades das aplicações do banco de dados.

Borges *et al.* (2005), acrescenta que são inúmeros os fatores envolvidos no processo de discretização do espaço. Cita-se alguns deles:

Transcrição da informação geográfica em unidades lógicas de dados – As informações geoespacializadas, por se tratarem de uma representação limitada da realidade, possuem uma natureza finita e discreta da representação. Frank (1992) citado por Borges *et al.*, (2005) acrescenta que a realidade sempre será modelada por meio de conceitos geométricos.

Forma como as pessoas percebem o espaço – A percepção espacial é um aspecto cognitivo que faz com que a modelagem de dados geoespaciais obedeça a critérios diferentes quando comparados com os processos de modelagem tradicional.

Natureza diversificada dos dados geográficos – Os dados ambientais podem ser derivados de outras feições que variam continuamente sobre o espaço (conceito de visão de campos) ou provem de dados individualizados (conceito de visão de objetos). Acrescenta-se nesta natureza a geometria, localização no espaço, informações associadas e características temporais.

Existência de relações espaciais (topológicas, métricas, de ordem e fuzzy) – São as relações entre os objetos. As relações, de uma maneira genérica, são as relações abstratas que nos auxiliam na compreensão do mundo real.

Cabe ressaltar que os antigos modelos de dados geográficos eram baseados no modelo relacional de dados, porém, atualmente, recomenda-se o uso de modelos orientados a objetos por serem flexíveis e facilitarem a especificação incremental de aplicações,

característica importante em SIG.

Elmasri e Navanthe (2005) classificam os modelos para descrever a estrutura de um banco de dados em modelos de alto nível, ou modelo de dados conceituais. Este modelo descreve os dados de acordo com a visão e percepção dos usuários. Já os modelos de baixo nível, ou modelos de dados físicos, é relativo à descrição de como os modelos de dados são armazenados no ambiente digital.

Para Câmara *et al.* (1995), o modelo de dados obedece a uma especificação que identifica quatro níveis de abstração:

- Nível do mundo real: Agrega os objetos a serem modelados. Ex: Rios, arruamentos, rodovias.

- Nível conceitual: Envolve a parte ferramental para modelar os campos e objetos geográficos em um nível alto de abstração. É neste nível que determinamos as classes orientadas a objetos básicas que deverão ser criadas no banco de dados. Esta etapa envolve a definição das operações e a linguagem de manipulação de dados disponíveis para o usuário.

- Nível de representação: Nesta etapa associa-se as classes de campos e objetos geográficos identificadas no nível conceitual a classes de representações. As classes de representação são determinadas em função da escala de trabalho, projeção, temporalidade e visão do usuário.

Um dos modelos utilizados para modelagem de banco de dados com orientação a objetos é o modelo OMT-G utilizando-se da abordagem de orientação a objetos, assim, o modelo OMT-G parte das primitivas definidas para o diagrama de classes da UML introduzindo primitivas geográficas com o objetivo de aumentar a capacidade de representação semântica do espaço (BORGES *et al.*, 2005).

4.1 Classes e Formas de Representações

Segundo Goodchild e Rhind (1991), as relações entre conjuntos de objetos acontecem em um determinado espaço e diferentes tipos de espaço podem ser originados dependendo das relações que os objetos estabelecem entre eles.

Desta forma, percebemos o espaço e o representamos por meio de classes do tipo geo-campos e geo-objetos. Os geo-campos são utilizados quando observamos o espaço como uma superfície contínua sobre a qual os objetos

variam continuamente à semelhança do que ocorre com uma imagem orbital. Assim, todos os espaços estão associados à uma determinada variável que o representa. Os geo-objetos são utilizados para representar o espaço ocupado por feições identificáveis que podem ou não ocupar o espaço. Neste caso, há a possibilidade de o espaço não estar ocupado (BORGES *et al.*, 2005).

De uma maneira geral, há três grandes grupos de dados: Os contínuos, que podem ser representados por cinco alternativas presentes no modelo OMT-G que são: isolinhas, subdivisão planar, tesselação, amostragem e malha triangular (triangulated irregular network, TIN). Os discretos que podem ser representados pelas classes geo-objetos com geometria que é representada por pontos, linhas e polígonos e geo-objetos com geometria e topologia que também possuem representações do tipo linha unidirecional, linha bidirecional e nó de rede no modelo OMT-G e, por último, tem-se a representação dos dados não espaciais com representação de uma classe convencional. Desta forma, são as relações entre eles que definem o espaço (BORGES *et al.*, 2005).

4.2 Relacionamentos

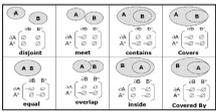
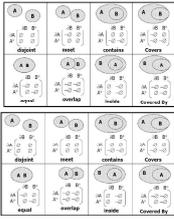
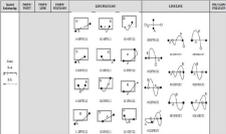
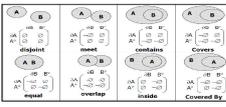
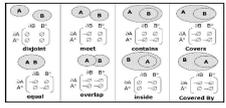
Os relacionamentos que ocorrem entre duas classes podem se dar por meio de associação simples, relacionamentos topológicos em rede e relacionamentos espaciais. A utilização dos relacionamentos visa definir explicitamente o tipo de interação que ocorre entre as classes (DAVIS JR, 2000).

Associação Simples: São associações entre objetos de classes distintos, podendo ser entre classes convencionais ou georreferenciadas. O modelo OMT-G representa as associações simples por meio de linhas contínuas.

Relacionamentos espaciais: São relacionamentos que representam a interação espacial entre objetos que podem ser topológicas, métricas, de ordem e fuzzy. O modelo OMT-G representa os relacionamentos espaciais por meio de linhas pontilhadas.

Os relacionamentos espaciais entre classes georreferenciadas são considerados no modelo OMT-G por meio de um conjunto de relacionamentos que podem existir entre as geometrias ponto, linha e polígono.

Tabela 2: Relacionamentos Espaciais Básicos

Relacionamentos Espaciais Básicos	Exemplo	Restrições de Integridade espaciais
Toca		Sejam A, B dois geo-objetos, sendo que nem A nem B são instâncias da classe Ponto . Então $(A \text{ toca } B) = V \Leftrightarrow (A^o \cap B^o = \emptyset) \wedge (A \cap B \neq \emptyset)$.
Em		Sejam A, B dois geo-objetos. Então $(A \text{ em } B) = V \Leftrightarrow (A \cap B = A) \wedge (A^o \cap B^o \neq \emptyset)$.
Cruza		Seja A um geo-objeto da classe Linha , e seja B um geo-objeto da classe Linha ou da classe Polígono . Então $(A \text{ cruza } B) = V \Leftrightarrow \dim(A^o \cap B^o) = ((\max(\dim(A^o), \dim(B^o)) - 1) \wedge (A \cap B \neq A) \wedge (A \cap B \neq B))$.
Sobrepõe		Sejam A, B dois geo-objetos, ambas instâncias da classe Linha ou da classe Polígono . Então $(A \text{ sobrepõe } B) = V \Leftrightarrow \dim(A^o) = \dim(B^o) = \dim(A^o \cap B^o) \wedge (A \cap B \neq A) \wedge (A \cap B \neq B)$.
Disjunto		Sejam A, B dois geo-objetos. Então $(A \text{ disjunto } B) = V \Leftrightarrow A \cap B = \emptyset$.

Fonte: Adaptado Borges *et al.* (1999), Borges *et al.* (2005), Davis Jr. *et al.* (2001) e Teixeira (2012).

Egenhofer e Franzosa (1990) realizaram estudo sobre relações topológicas e propuseram uma matriz de cruzamentos de geometrias de quatro interseções (4IM). Por meio da matriz são geradas 24 combinações de interseções entre fronteira (∂A) e o interior (A°) de dois atributos espaciais de duas dimensões. Egenhofer e Herring (1991) ampliaram a matriz 4IM para uma matriz de nove interseções (9IM), assim obtiveram 29 combinações possíveis entre fronteiras, interiores e exteriores de dois atributos espaciais com dimensões zero (NDims = 0), um (NDims = 1) e dois (NDims = 2).

Clementini e Di Felice (1995) propuseram um novo modelo de interseções denominado modelo de nove interseções dimensionalmente estendido (DE-9IM), no qual são levados em consideração a matriz e a dimensão dos resultados das interseções na matriz 9IM.

As relações topológicas descritas nas tabelas 2 e 3 foram formuladas por meio de uma notação na qual objetos são indicados por letras

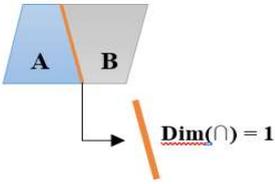
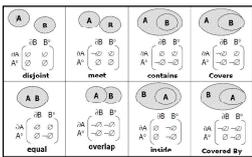
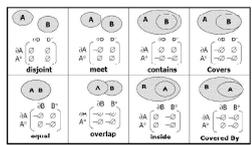
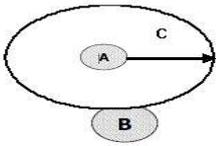
maiúsculas em itálico (*A*, *B*); suas fronteiras são denotadas como ∂A , $\partial B...$ e seus interiores como $A^\circ \cdot B^\circ$ (Observe que $A^\circ = A - \partial A$). Esta notação, já utilizada nos estudos realizados por Egenhofer e Franzosa (1991), tem por objetivo gerar possíveis combinações entre as fronteiras da seguinte forma:

- Ponto - Sua fronteira definida como vazia, por ser equivalente ao seu interior.
- Linha – Suas fronteiras são compostas por seus vértices extremos (pontos extremos).

Por meio de uma função, denominada *dim*, verifica-se a dimensão espacial de um objeto que retornará o valor 0 se o objeto for um ponto, 1 se for uma linha, ou 2 se for um polígono. Os valores booleanos “verdadeiro” e “falso” são usados por meio da atribuição das letras V e F (DAVIS JR. *et al.*, 2001).

A Tabela 2 expõe os 5 relacionamentos espaciais básicos e as restrições de integridades que satisfazem o relacionamento e a tabela 3 apresenta 4 operadores adicionais e suas definições.

Tabela 3: Relacionamentos espaciais adicionais

Relacionamentos Espaciais Adicionais	Exemplo	Restrições de Integridade espaciais
Adjacente a		Seja <i>A</i> um geo-objeto da classe Polígono e seja <i>B</i> um geo-objeto da classe Linha ou da classe Polígono . Então (<i>A</i> adjacente a <i>B</i>) = V \Leftrightarrow (<i>A</i> toca <i>B</i>) \wedge dim ($A \cap B$) = 1.
Coincide		Sejam <i>A</i> , <i>B</i> dois geo-objetos. Então (<i>A</i> coincide <i>B</i>) = V \Leftrightarrow $A \cap B = A = B$.
Contém		Sejam <i>A</i> , <i>B</i> dois geo-objetos, onde <i>A</i> é uma instância da classe Polígono . Então (<i>A</i> contém <i>B</i>) = V \Leftrightarrow ((<i>B</i> em <i>A</i>) = V) \wedge ((<i>A</i> coincide <i>B</i>) = F).
Próximo (Dist)		Sejam <i>A</i> , <i>B</i> dois geo-objetos. Seja <i>C</i> um <i>buffer</i> , criado a uma distância <i>dist</i> ao redor de <i>A</i> . Então (<i>A</i> próximo (<i>dist</i>) <i>B</i>) = V \Leftrightarrow (<i>B</i> disjuncto <i>C</i>) = F.

Fonte: Adaptado Borges *et al.* (1999).

5. ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DA MODELAGEM

A modelagem conceitual dos dados geoespaciais relativos ao cadastro ambiental rural, descrita neste trabalho, será realizada por meio da elaboração de diagramas de classes que terão como núcleo o imóvel rural, elemento central dos cadastros ambientais rurais. A finalidade deste procedimento é demonstrar melhor os relacionamentos entre a área do imóvel rural, elemento núcleo, com as demais classes oriundas dos cadastros e com classes secundárias que se relacionam com as classes de objetos do CAR. Os relacionamentos das classes descritos serão baseados nas análises dos dados em conjunto com a interpretação e aplicação da Lei nº 12.651/2012 (Código Florestal) que conceitua classes de objetos (feições ambientais) e define parâmetros de preservação de algumas classes.

Por se tratar de uma proposta de estruturação de dados temáticos que envolvem classes de objetos, não descritas na Portaria nº 007 - DCT, de 10 de fevereiro de 2016 (COMANDO DO EXÉRCITO, 2016), que contém as Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV), e tendo em vista a natureza do CAR, que é a criação de cadastro multifinalitário, baseado em informações geoespaciais adquiridas e cadastradas por profissionais que podem ou não ter conhecimentos a respeito dos SIGs, não foram elaborados modelos de aquisição de dados geoespaciais aplicados à temática CAR.

Por conseguinte, para a consecução deste objetivo, será necessário propor a modelagem conceitual de banco de dados geoespacial que será desenvolvido de acordo com as primitivas apresentadas pelo modelo OMT-G e baseada nos modelos apresentados na ET-EDGV, que também segue os conceitos do modelo OMT-G, para construir o diagrama de classes das informações inerentes ao CAR. Depreende-se que nesta etapa serão utilizadas as classes definidas pelo modelo OMT-G (dados contínuos, discretos e não espaciais), os relacionamentos (associações simples, relacionamentos espaciais) cardinalidades, generalizações, especializações, agregações espaciais entre as classes apresentadas.

Para a elaboração do diagrama de classes será utilizado o software StarUML que é uma ferramenta de suporte a modelagens de sistemas utilizando os diagramas da UML e também da MDA (*Model Driven Architecture*). Aplica-se ao StarUML uma extensão OMT-G que utiliza modelos de dados para elaboração de projetos de banco de dados geoespaciais.

6. MODELAGEM CONCEITUAL DO BANCO DE DADOS PARA O CAR

Como ponto de partida para a elaboração do modelo conceitual, foram utilizadas como referência as informações oriundas das classes inerentes ao CAR e o entendimento das relações das feições de acordo com o Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012).

Para facilitar a construção dos diagramas que representarão o modelo conceitual do CAR, a modelagem foi elaborada considerando as classes de objetos referentes à área do imóvel e à área líquida do imóvel como sendo as classes núcleos do modelo. As demais classes de objetos referentes à cobertura do solo, às feições ambientais protegidas, à área de preservação permanente, à área de uso restrito e à reserva legal tiveram seus diagramas de classes desenvolvidos observando os relacionamentos espaciais próximos e o relacionamento espacial com os elementos núcleos. Desta forma, as demais classes foram consideradas como elementos que orbitam em torno das classes núcleos.

Os principais elementos considerados como núcleo do modelo são a área do imóvel e área líquida, pois todas as classes possuem uma relação direta com a área do imóvel.

Assim, a partir da definição da área do imóvel é que ocorre o cadastramento das feições que estão compreendidas dentro do limite de área informada ou que guardam alguma relação direta, que pode ser de proximidade, vizinhança ou elo, no caso de reserva legal localizada em outro imóvel rural.

Por se tratar de elaboração de um modelo conceitual, que tem por propósito futuro a sua implementação em banco de dados orientados a objetos, adotou-se, por convenção, que os nomes das classes de objetos receberiam uma nomenclatura de arquivo e não o nome da feição ambiental.

6.1 Diagrama de Classes Referente à Área do Imóvel

O modelo conceitual referente à Área do Imóvel é apresentado na Figura 1. O modelo é composto pela classe de objetos Imovel, Area_Imovel, Area_Imovel_Liquida, Sede_Imovel, Entorno_Reservatorio_Energia_Abastecimento e as especializações da classe Servidao_Administrativa_Total.

Tendo em vista que o elemento necessário para a realização do CAR é o imóvel rural, a área do imóvel é o ponto de partida do modelo.

A classe Servidao_Administrativa_Total especializa-se em três subclasses que são sobrepostas à superclasse, pois há a possibilidade de sobreposição de elementos. A especialização é considerada total, pois a união de todas as instâncias da subclasse é equivalente ao conjunto completo de instâncias da superclasse.

A classe Entorno_Reservatorio_Energia_Abastecimento pode ser do tipo “toca” (relacionamento espacial) ou do tipo “Adjacente” (relacionamento espacial adicional) com a classe Reservatorio_Energia_Abastecimento. O relacionamento espacial entre as classe Entorno_Reservatorio_Energia_Abastecimento e Reservatorio_Energia_Abastecimento é descrito como (1) classe Reservatorio_Energia_Abastecimento relacionando-se com zero ou um (0..1) classes Entorno_Reservatorio_Energia_Abastecimento. A existência da classe Entorno_Reservatorio_Energia_Abastecimento é decorrente da obrigatoriedade de o empreendedor adquirir, desapropriar ou instituir servidão administrativa, conforme faixa de área (buffer) definida no ato do licenciamento ambiental.

Importante mencionar que há possibilidade de não existir a classe Entorno_Reservatorio_Energia_Abastecimento associada a classe Reservatorio_Energia_Abastecimento, nas especificações de relacionamento espacial entre a classe Entorno_Reservatorio_Energia_Abastecimento e Reservatorio_Energia_Abastecimento do tipo um (1) para zero ou um (0..1), pois reservatórios construídos anteriormente à Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, possuem APP. No caso de existência da classe Reservatorio_Energia_Abastecimento em virtude da aplicação da anteriormente citada Medida Provisória, a Classe

Entorno_Reservatorio_Energia_Abastecimento não existirá, dando lugar à classe APP_Reservatorio_Nao_Desapropriado, apresentada na Figura 4. Assim sendo, não irá se agregar, por composição, à classe Servidao_Administrativa_Total. Este caso será representado na modelagem que envolve as APPs.

A faixa de área (buffer) definida no licenciamento levará em consideração a localização da classe Entorno_Reservatorio_Energia_Abastecimento em relação ao macrozoneamento (áreas urbanas e rurais) estabelecido, conforme Art 5º da Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Em decorrência do artigo mencionado, há um relacionamento de do tipo zero ou muitos (0..*) classe Entorno_Reservatorio_Energia_Abastecimento “em” uma (1) classe Macrozoneamento.

A existência da classe Area_Imovel_Liquida deve-se ao fato de ser necessário descontar da área do imóvel as áreas das especializações da superclasse Servidao_Administrativa_Total e da classe Entorno_Reservatorio_Energia_Abastecimento localizadas no interior do limite do imóvel rural, pois são áreas de domínio público, ou seja, não pertencentes ao imóvel rural. Logo, para fins de cômputo da área de cobertura de vegetação nativa a ser preservada, à título de reserva legal, conforme Art. 12 da Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012, aplica-se o percentual sobre a Area_Imovel_Liquida.

Assim, descreve-se o relacionamento do tipo uma (1) classe Area_Imovel_Liquida “Toca” em zero ou muitas (0..*) classes Entorno_Reservatorio_Energia_Abastecimento, Area_Utilidade_Publica, Area_Infraestrutura_Publica e Reservatorio_Energia_Abastecimento.

Da mesma forma, descrevemos a existência dos relacionamentos existentes entre a classe Area_Imovel e a classe Entorno_Reservatorio_Energia_Abastecimento, bem como da classe Area_Imovel com as especializações da classe Servidao_Administrativa_Total.

O relacionamento do tipo zero ou muitas (0..*) classe Entorno_Reservatorio_Energia_Abastecimento “em” (1) Area_Imovel, assim como temos a possibilidade de existência dos relacionamentos do tipo zero ou muitas (0..*) especializações da classe Servidao_Administrativa_Total ‘em’ uma (1) Area_Imovel.

(0..1) Servidao_Administrativa_Total que “toca” a classe Cobertura_Solo.

Para subsidiar a análises dos relacionamentos espaciais com a classe Area_Pousio, a Lei federal 12.727 de 27 de outubro de 2012 descreve pousio como sendo a prática de interrupção temporária de atividades ou usos agrícolas, pecuários ou silviculturais, por no máximo 5 (cinco) anos, para possibilitar a recuperação da capacidade de uso ou da estrutura física do solo (BRASIL, 2012a).

O módulo de cadastro do CAR incorporou a aquisição da feição de duas formas:

A primeira forma leva em consideração o inciso IV do parágrafo 3º da Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 que permite a adoção de pousio em áreas consolidada. Logo, têm-se possibilidades de relacionamentos espaciais do tipo “em”,

“sobreposta” ou “toca” da classe Area_Pousio com Area_Consolidada. A cardinalidade deste relacionamento é zero ou muitas (0..*)Area_Pousio para um ou muitas (1..*)Area_Consolidada.

A segunda forma de aquisição da feição é a aquisição dela, unicamente, ou seja, sem sobreposição com outras feições. Após a aquisição, o sistema automaticamente armazena a classe Area_Pousio, porém considera que os limites ocupados pela classe Area_Pousio não possuem cobertura de solo, assim preenchendo o limite como sendo área pertencente à classe Area_Nao_Classificada.

Diante a explicação, temos zero ou muitas (0..*) classe Area_Pousio com a possibilidade de relacionamentos espaciais do tipo “em”, “sobreposta” ou “toca” com uma ou muitas (1..*) classe Area_Nao_Classificada.

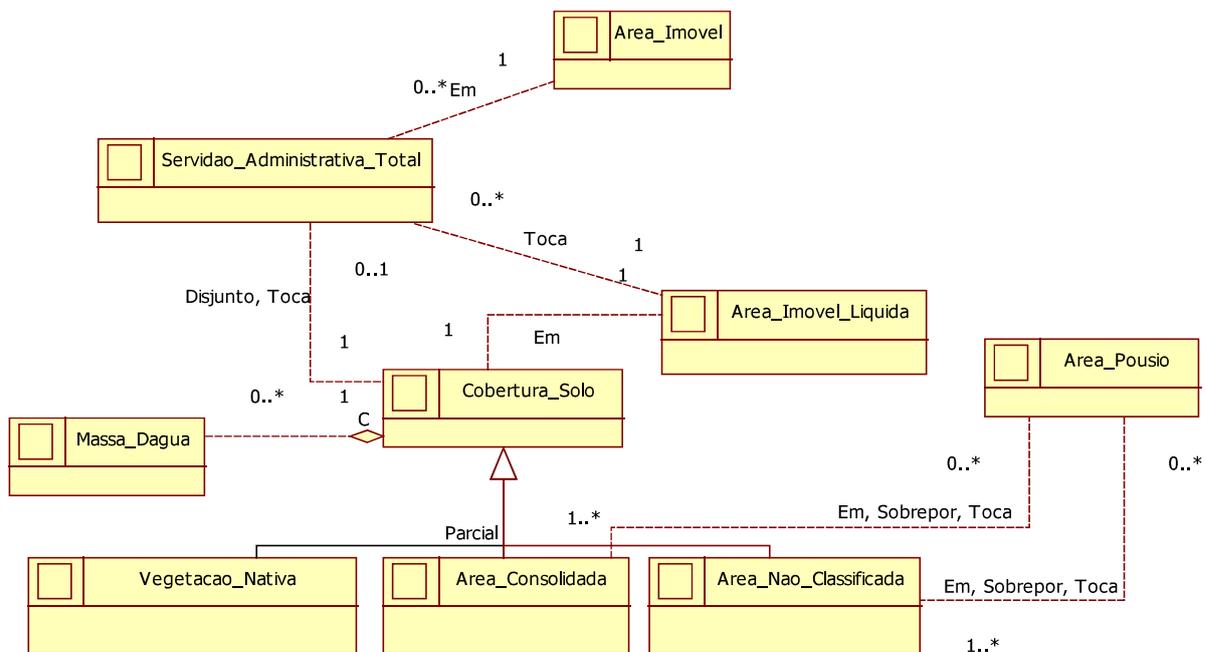


Fig. 2 - Diagrama de classes referente à cobertura do solo.

6.3 Diagrama de Classes Referente às Feições Ambientais Protegidas

As áreas de preservação permanente são áreas definidas pela Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 com a função de proteger formações naturais relacionadas aos recursos hídricos, relevo e vegetação.

O Código Florestal reúne várias formações naturais que devem ser preservadas não havendo nomenclatura que reúna todas as formações naturais que originam APPs.

A ET-EDGV traz no capítulo Limites Políticos-Administrativos e Localidades a classe Areas_Especiais, geometria polígono, com uma tabela de domínio listando várias categorias, dentre elas APPs. Há a possibilidade de inserção de outros domínios.

Neste contexto e acrescentando que o CAR agregou as APPs e as formações naturais geradoras de APPs em um único arquivo, a modelagem de ambientes naturais contemplada na Figura 3, por decisão de projeto, será

realizada por meio de uma classe do tipo genérica denominada *Feicoes_Ambientais_Protegidas* com a finalidade de abrigar as feições que originarão as áreas de preservação permanente. A classe genérica é adotada com vistas a unificar classes com dimensões espaciais diferentes - polígono (NDis 2) e Ponto (NDis 0) - pois a classe *Nascente_Olho_Dagua* é do tipo ponto.

A Classe genérica *Feicoes_Ambientais_Protegidas* especializa-se em 12 subclasses de forma sobreposta e parcial. Embora não houvesse a possibilidade de um tipo de feição ambiental protegida sobrepor outra feição, o CAR permitiu a sobreposição destas feições. Logo, a modelagem aqui proposta considerará a possibilidade de que as subclasses possam estar sobrepostas. A especialização é parcial, pois outras subclasses possam surgir.

A subclasse *Massa_Dagua* é especializada em 3 subclasses de forma sobreposta, pois há a possibilidade de sobreposição de subclasses, sendo esta sobreposição parcial, pois novas subclasses podem ser agregadas ao modelo.

A classe *Reservatorio_Energia_Abastecimento* relaciona-se com a classe *Massa_Dagua* em um relacionamento espacial do tipo “em”

de cardinalidade zero ou muitos (0..*) classe *Reservatorio_Energia_Abastecimento* “em” uma (1) *Massa_Dagua*.

Nos casos que envolveram a classe *Massa_Dagua*, adotou-se o formato especificado na ET – EDGV para a categoria hidrografia.

À exceção da subclasse *Massa_Dagua* que possui relacionamentos espaciais do tipo “em”, “sobrepõe” ou “Toca” com a classe *Area_Imovel*, as demais subclasses da classe *Feicoes_Ambientais_Protegidas* possuem relacionamento espacial do tipo “em”.

Conforme já mencionado, os cadastros ambientais são realizados de forma unitária por cada proprietário de imóvel e todas as feições inseridas no módulo GEO, do CAR, estão relacionadas diretamente ao imóvel. Logo, o sistema, automaticamente, apenas cadastra informações localizadas dentro dos limites da área do imóvel. A exceção se mostra nas subclasses pertencentes à classe *Massa_Dagua* que possuem relacionamentos espaciais de tipo “sobrepõe” e “Toca”.

A cardinalidade do modelo, de forma geral, é zero ou muitas (0..*) subclasses pertencentes à classe *Feicoes_Ambientais_Protegidas* para cada um (1) *Area_Imovel*.

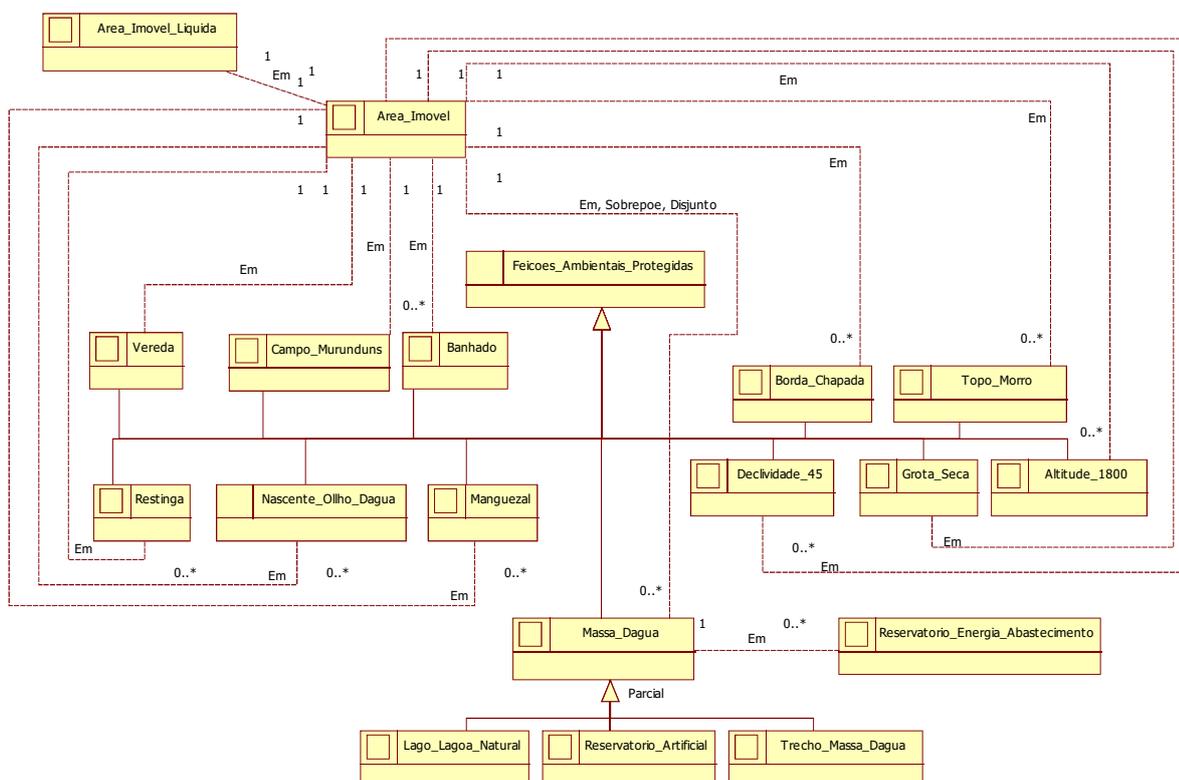


Fig. 3 - Diagrama de classes referente às Feições Ambientais Protegidas.

6.4 Diagrama de Classes Referente às Áreas de Preservação Permanente

A Figura 4 retrata o diagrama de classes referente à modelagem das áreas de preservação permanente. A classe APP_Total especializa-se em 15 subclasses. A característica desta especialização é a sobreposição parcial, pois as instâncias aqui representadas não equivalem ao conjunto de instâncias que podem pertencer à subclasse.

A classe APP_Total possui relacionamento espacial do tipo “em” com a classe Area_Imovel_Liquida e cardinalidade zero ou uma (0..1) APP_Total “em” uma (1) Area_Imovel_Liquida.

É importante mencionar que uma feição ambiental protegida pode não fazer parte do cadastro ambiental do imóvel por não estar inserida no interior do imóvel rural, mas sua APP, por estar localizada no interior do limite do imóvel, pertencerá ao cadastro ambiental rural do imóvel.

O relacionamento espacial da subclasse APP_Reservatorio_Energia_Cota com a subclasse APP_Reservatorio_Nao_Desapropriado é do tipo “coincide” e cardinalidade um (1) para um (1).

O relacionamento espacial do tipo “coincide” é resultante do Art 62 da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 que diz que reservatórios destinados à geração de energia ou abastecimento que tiveram seus contratos de concessão ou autorização assinados anteriormente à Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001 possuirão uma faixa de Área de Preservação Permanente que será

delimitada pela distância entre o nível máximo operativo normal e a cota *maxima maximorum*.

Como, neste caso, não é gerada uma classe Entorno_Reservatorio_Energia com dominialidade pública, mas uma APP, o módulo do CAR implementou a aquisição da APP, que neste modelo foi denominada de APP_Reservatorio_Nao_Desapropriado. No caso, a dominialidade do entorno do reservatório fica registrada como uma área de Reserva Legal referente aos reservatórios destinados à geração de energia ou abastecimento, ou seja, há uma “duplicação” da subclasse APP_Reservatorio_Nao_Desapropriado. Informa-se que não foi encontrado justificativas legais para amparar esta replicação de subclasses, mas por decisão de projeto, será mantido a regra do CAR.

As subclasses APP_Campo_Murundus e APP_Grota_Seca, não foram inclusas no CAR nacional por serem áreas de proteção ambiental específicas aplicadas ao Distrito Federal. Por este motivo, levando-se em consideração que a proposta de modelagem visa atender o DF, as subclasses aqui informadas foram incluídas no modelo conceitual das áreas protegidas.

Tendo em conta as relações espaciais existentes entre as classes Feicoes_Ambientais_Protegidas e APP_Total, optou-se por representar o relacionamento espacial da subclasse Massa_Dagua pertencente à classe Feicoes_Ambientais_Protegidas com a classe APP_Total no tópico 6.4. Porém, abordaremos as explicações referentes aos relacionamentos espaciais das subclasses da classe APP_Total com a subclasse Massa_Dagua no tópico 6.5.

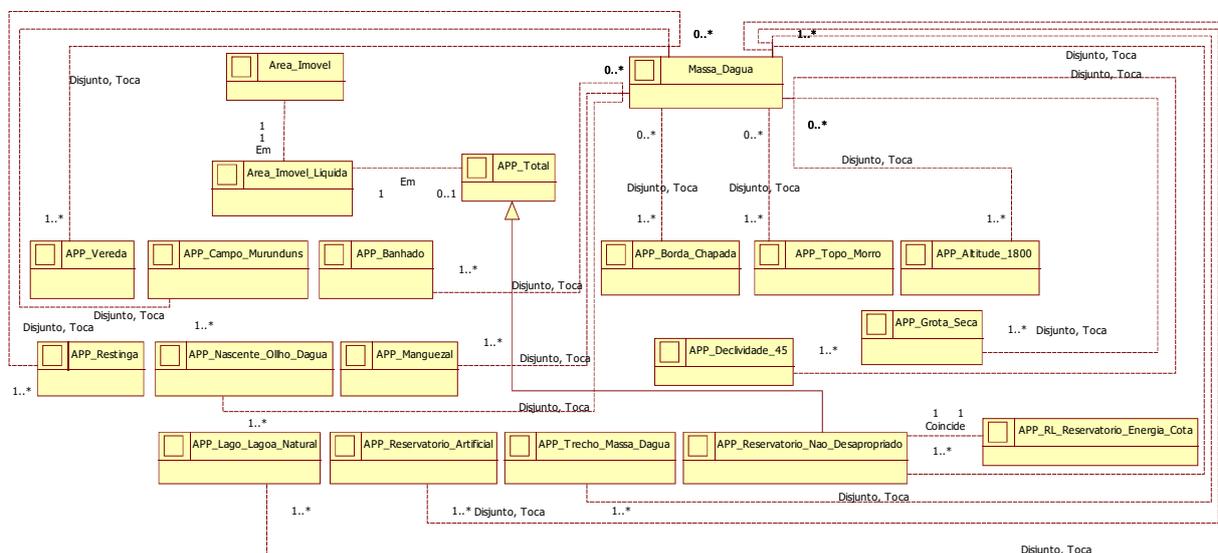


Fig. 4 - Diagrama de classes referente às Áreas de Preservação Permanente.

6.5 Diagrama de Classes Referente aos Relacionamento Espaciais entre Feições Ambientais Protegidas e as Áreas de Preservação Ambiental

O diagrama de classes apresentado na Figura 5 representa os relacionamentos espaciais entre as feições ambientais protegidas e as áreas de preservação permanente. Especificamente, temos os relacionamentos espaciais oriundos das delimitações das Áreas de Preservação Permanente, conforme Art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

A classe APP_Vereda é originada levando em consideração o inciso XI do Art 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 que a delimita como sendo faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

Desta forma, a classe APP_Vereda “contém” a classe Vereda, pois o espaço delimitado como vereda faz parte da APP de vereda. A cardinalidade do relacionamento é de um (1) para um (1), ou seja, a existência da classe APP_Vereda é condicionada à existência da classe Vereda.

A classe APP_Campo_Murundus, decorrente da aplicação do inciso I do Art 3º da Instrução IBRAM nº 39 de 21/02/2014, também segue a mesma analogia de vereda. Assim sendo, a classe APP_Campo_Murundus “contém” a classe Campo_Murundus, pois o espaço delimitado como campos de murundus faz parte da APP campo de murundus. A cardinalidade do relacionamento é de um (1) para um (1), ou seja, a existência da classe APP_Vereda é condicionada à existência da classe Vereda.

As subclasses APP_Banhado, APP_Borda_Chapada, APP_Topo_Morro, APP_Altitude_1800, APP_Restinga, APP_Manguezal, APP_Declividade_45, possuem relacionamento espacial do tipo “coincide”, respectivamente, com as subclasses Banhado, Borda_Chapada, Topo_Morro, Altitude_1800, Restinga, Manguezal, Declividade_45, pois a própria Feição Ambiental Protegida é a APP. As cardinalidades das subclasses são um (1) para um (1), pois não há APP sem a existência da feição ambiental protegida.

No caso específico da Borda de Chapada, convém mencionar que o módulo GEO, do CAR, por questões de ordem prática, adotou uma forma diferenciada de representação da feição ambiental protegida Borda de Chapada. Desta forma, a

aquisição da feição é feita pelo cadastrante, apenas de uma forma representativa. Por conseguinte, a criação da APP é feita, apenas, replicando a feição cadastrada. Desta maneira, há a possibilidade de a APP não retratar os limites espaciais de forma correta, pois os limites da APP partem da localização da linha de ruptura do terreno e partir dela o módulo GEO do CAR deveria aplicar a regra de faixa de APP, conforme inciso VIII do artigo 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Assim, temos no CAR uma replicação da feição ambiental protegida Borda de Chapada como sendo a APP de Borda de Chapada.

A subclasse Nascente_Olho_Dagua (geometria ponto) pertencente à classe Feicoes_Ambientais_Protegidas possui relacionamento espacial do tipo “dentro de” com a subclasse APP_Nascente_Olho_Dagua, pois sua delimitação é definida como sendo um raio de raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (inciso IV do artigo 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012). A cardinalidade entre as subclasses é de um (1) para um (1).

A feição ambiental protegida grotta seca provém da aplicação do Decreto Distrital nº. 30.315 de 29 de abril de 2009 que dispõe, em seu artigo 5º, sobre a faixa marginal não-edificável, medida a partir do eixo do canal natural de escoamento superficial, identificado de acordo com o Relatório Ambiental (DISTRITO FEDERAL, 2009).

Aplicando-se o referido decreto, tem-se a subclasse APP_Grotta_Seca, pertencente à classe APP_Total, relacionando-se de forma “adjacente” com a subclasse Grotta_Seca pertencente à classe Feicoes_Ambientais_Protegidas.

As subclasses APP_Lago_Lagoa_Natural e APP_Reservatorio_Artificial possuem relacionamento espacial do tipo “adjacente” com as subclasses Lago_Lagoa_Natural e Reservatorio_Artificial respectivamente. A cardinalidade zero ou um (0..1) subclasses APP_Lago_Lagoa_Natural e APP_Reservatorio_Artificial para um (1) subclasses Lago_Lagoa_Natural e Reservatorio_Artificial provém da possibilidade de dispensa de faixa de proteção no caso de superfícies inferiores a 1 (um) hectare (Parágrafo 4º do artigo 4º da Lei nº 12.651, de 25), ficando proibido a supressão de áreas de vegetação nativa. Essa previsão não foi aplicada pelo SICAR e por se tratar de uma opção do proprietário, convém deixá-la evidenciada, mas não aplicada.

O relacionamento espacial das subclasses APP_Vereda, APP_Campo_Murundus, APP_Banhado, APP_Borda_Chapada, APP_Topo_Morro, APP_Altitude_1800, APP_Restinga, APP_Nascentes_Olho_Dagua, APP_Manguezal, APP_Declividade_45, APP_Grota_Seca, do tipo “disjunto” com a subclasse Massa_Dagua, cardinalidade de um ou muitos (1..*) (APPs descritas anteriormente) para cada zero ou muitos (0..*) Massa_Dagua é derivado da necessidade de extração da sobreposição (diferença) da subclasse Massa_Dagua das APPs listadas.

Há também a necessidade de extração da sobreposição (diferença) das subclasses (especialização) da classe Massa_Dagua em relação as classes APP_Lago_Lagoa_Natural, APP_Reservatorio_Artificial, APP_Trecho_Massa_Dagua e Reservatorio_Nao_Desapropriado. Logo, há também o relacionamento espacial do tipo “disjunto” com as classes APP_Lago_Lagoa_Natural, APP_Reservatorio_Artificial, APP_Trecho_Massa_Dagua e Reservatorio_Nao_Desapropriado mas, neste caso a cardinalidade é do tipo um ou muitas (1..*) APP_Lago_Lagoa_Natural, APP_Reservatorio_Artificial, APP_Trecho_Massa_Dagua e Reservatorio_Nao_Desapropriado para um ou muitas (1..*) classe Massa_Dagua.

6.6 Diagrama de Classes Referente à Relação das APPs com a Cobertura do Solo

No diagrama (Figura 6) retratamos os relacionamentos espaciais entre a classe APP_Total e as classes APP_Vegetacao_Nativa, APP_Area_Consolidada e APP_Area_Antropizada.

Os dados geoespaciais do CAR não contemplam as áreas de preservação permanente sobrepostas às áreas antropizada mas, por decisão de projeto, criou-se uma classe para representar as áreas de preservação permanente em área antropizada. Neste caso, a área antropizada origina-se da subclasse Area_Nao_Classificada pertencente à classe cobertura do solo. Por conseguinte, temos relacionamento espacial da classe APP_Area_Antropizada, do tipo “em” com a subclasse Area_Nao_Classificada. A relação de dependência entre

ambas explica a cardinalidade um ou muitos (1..*).

A classe APP_Vegetacao_Nativa relaciona-se com a subclasse Vegetacao_Nativa por meio do operador “em” e a cardinalidade do relacionamento é um ou muitos (1..*), tendo em vista a relação de existência entre as classes.

A classe APP_Area_Consolidada relaciona-se com a subclasse Area_Consolidada por meio do relacionamento espacial “em” e a cardinalidade do relacionamento é um ou muitos (1..*), tendo em vista a relação de existência entre as classes.

A classe APP_Cobertura_Solo, também inserida neste modelo, mas não contemplada nos dados disponibilizados pelo CAR, é formada pela agregação, por composição, das classes APP_Area_Consolidada, APP_Vegetacao_Nativa, APP_Area_Antropizada. A adoção do relacionamento espacial por meio da agregação por composição é feita tendo em vista a relação todo-parte.

As classes APP_Area_Consolidada, APP_Vegetacao_Nativa e APP_Area_Antropizada relacionam-se com a classe APP_Total por meio do relacionamento espacial “em” e “contido”. A cardinalidade zero ou 1 (0..1) das classes APP_Area_Consolidada, APP_Vegetacao_Nativa e APP_Area_Antropizada com um (1) APP_Total decorre da necessidade de existência de áreas de preservação permanente em sobreposição a algum tipo de cobertura do solo.

O relacionamento espacial do tipo “Toca” ou “Disjunta” entre a classe APP_Area_Consolidada e a classe Area_Protegida tem por finalidade ilustrar a impossibilidade de existência de áreas de preservação permanente sobrepostas às unidades de conservação. Neste caso, foi adotado a nomenclatura Area_Protegida que está prevista na ET-EDGV.

O objetivo de ilustrar o relacionamento espacial entre as classes APP_Area_Consolidada e Area_Protegida vem da previsão de impossibilidade de as áreas de uso consolidado estarem localizadas em unidade de conservação de proteção integral. Neste caso, o proprietário estará obrigado a recompor integralmente a área consolidada.

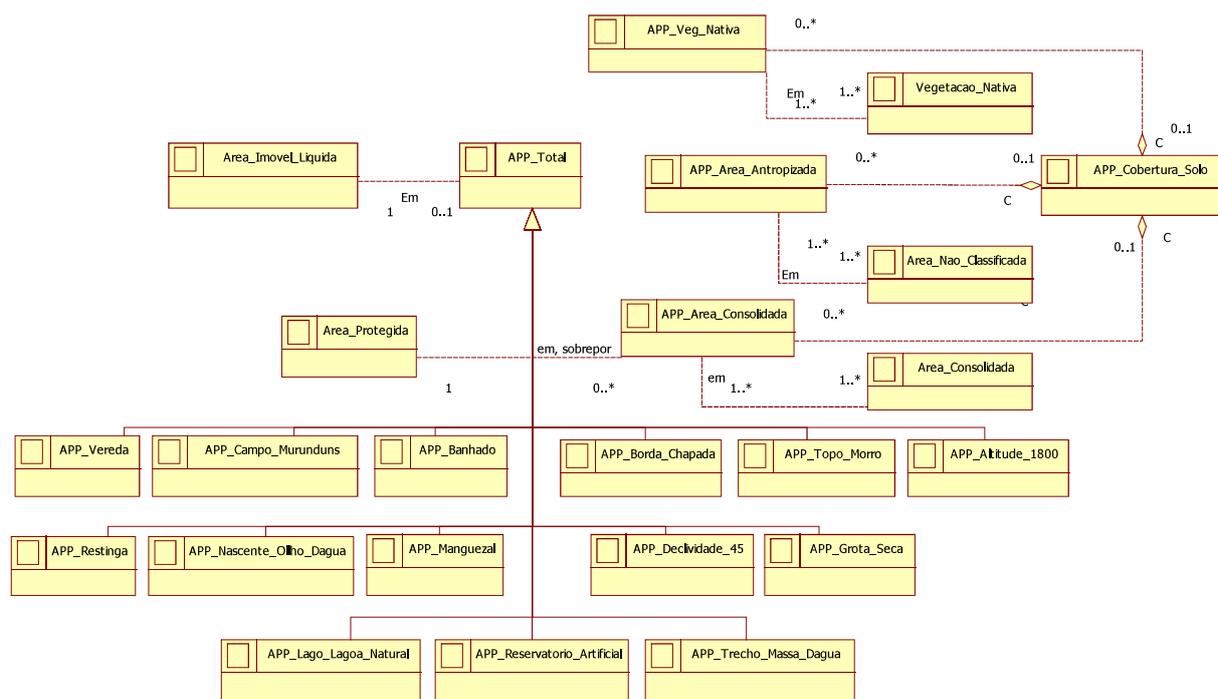


Fig. 6 - Diagrama de classes referente à relação das APPs com a classe cobertura do solo.

6.7 Diagrama de Classes Referente à Aplicação do Artigo 61-A do Código Florestal

O diagrama representado na Figura 7 é referente à classe APP_Recompor que é a aplicação do artigo 61 A da Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Em resumo, o artigo traz a determinação de larguras diferenciadas para a recomposição de APP de acordo com o tamanho do imóvel (módulos fiscais).

Para que possamos determinar as áreas a recompor, há a necessidade de especializar a classe APP_Recompor em 6 subclasses. Destas, 5 subclasses (APP_Vereda_Art61A, APP_Nascente_Olho_Dagua_Art61A, APP_Lago_Lagoa_Natural_Art61A, APP_Reservatorio_Artificial_Art61A, APP_Trecho_Massa_Dagua_Art61A) são oriundas da aplicação do artigo 61-A da Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 e 1 subclasse (APP_Campo_Murundus_Art61A) oriunda da aplicação do Artigo 4º da Instrução IBRAM nº 39 de 21/02/2014.

Os relacionamentos das subclasses pertencentes à classe APP_Recompor com as subclasses pertencentes à classe Feicoes_Ambientais_Protegidas são semelhantes às relações apresentadas na Figura 5 (Subclasses da classe APP_Total com subclasses da classe Feicoes_Ambientais_Protegidas).

O diferencial, em relação aos relacionamentos espaciais apresentados na Figura 6, é decorrente da sobreposição das áreas de preservação permanente (APPs) em relação à subclasse Area_Consolidada, especialização da classe Cobertura Solo, e aplicação do artigo 61 A da Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012, que foi denominada regra da escadinha por mensurar as áreas de APPs a serem recuperadas de acordo com o tamanho da área do imóvel para as APPs. Conforme informado há determinação de larguras diferenciadas para a recomposição de APP de acordo com o tamanho do imóvel (módulos fiscais).

Portanto, o relacionamento espacial do tipo “em” e “contido” entre APP_Vereda_Art61A, APP_Nascente_Olho_Dagua_Art61A, APP_Lago_Lagoa_Natural_Art61A, APP_Reservatorio_Artificial_Art61A, APP_Trecho_Massa_Dagua_Art61A e APP_Campo_Murundus_Art61A com a classe Area_Imovel_Liquida tem por finalidade representar a verificação da área do imóvel rural (módulo fiscal) para fins de aplicação das larguras diferenciadas, conforme regramento contido no Código Florestal. A cardinalidade das subclasses da APP_Recompor é zero ou muitos (0..*) subclasses para um (1) Area_Imovel_Liquida.

6.9 Diagrama de Classes Referente aos Relacionamentos Espaciais da Classe Reserva Legal

A Figura 9 representa o diagrama de classes que envolve a área de reserva legal do imóvel rural. O percentual de área de vegetação nativa a ser preservada, à título de Reserva Legal, está previsto no inciso I do artigo 12 da Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012.

O módulo do CAR permitiu que fossem adquiridos três tipos de reserva legal, a saber:

- Reserva legal proposta aplica-se aos casos de o imóvel não possuir reserva legal averbada ou reserva legal aprovada, mas não averbada, e aos casos em que imóvel rural não possui remanescente de vegetação nativa destinado à sua composição.
- Reserva legal averbada que consiste em áreas que já passaram pela anuência dos órgãos competentes, possuem áreas de vegetação nativa de acordo com estipulado em ordenamento jurídico e que foram devidamente averbadas ao registro do imóvel.
- A opção reserva legal aprovada e não averbada, nos casos de a reserva legal possuir anuência do

órgão ambiental competente, porém ainda sem a averbação da reserva legal junto ao registro do imóvel rural.

A classe Reserva_Legal é especializada nas subclasses RL_Proposta, RL_Averbada e RL_Aprovada_Nao_Averbada. A especialização é do tipo disjunta, pois não há possibilidade de sobreposição entre as subclasses e é do tipo total, tendo em vista que somente há previsão legal para as subclasses representadas.

A classe Reserva_Legal possui relacionamento espacial do tipo “em” com a classe Area_Imovel_Liquida, pois não há possibilidade de localização de área de reserva legal em área de servidão administrativa. A cardinalidade zero ou 1 (0..1) da classe Reserva_Legal com a um (1) classe Area_Imovel_Liquida se dá em virtude da possibilidade de o proprietário do imóvel rural não cadastrar a área de reserva legal. O relacionamento espacial da classe ARL_Averbada_Outro_Imovel do tipo “em”, “coincide” e “sobrepor” com as subclasses RL_Averbada e RL_Aprovada_Nao_Averbada, resulta da obrigatoriedade de a classe ARL_Averbada_Outro_Imovel sobrepor estas subclasses.

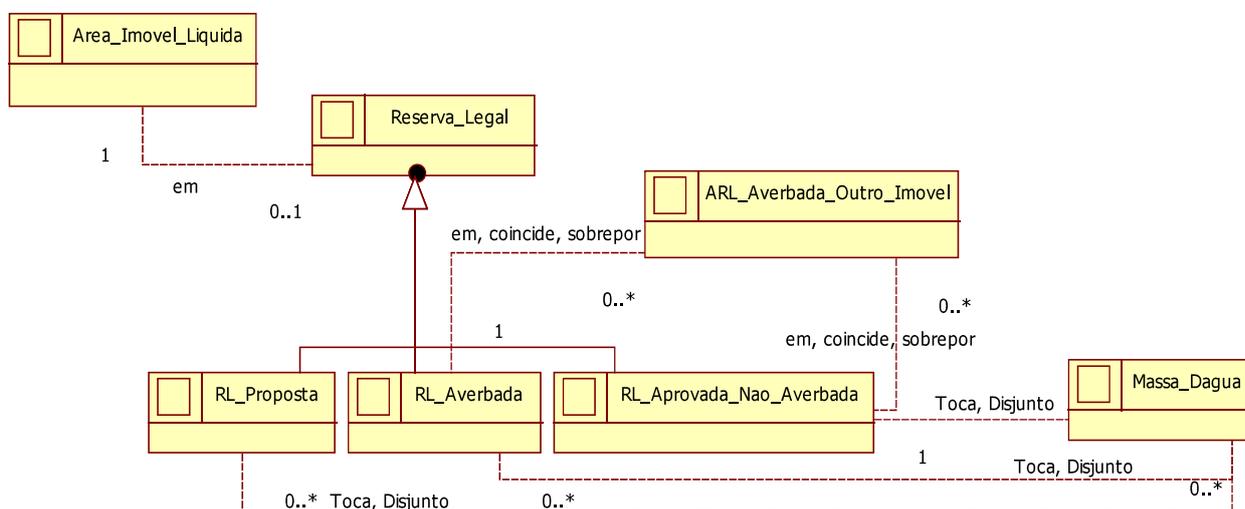


Fig. 9 - Diagrama de classes referente aos relacionamentos espaciais da classe reserva legal.

7. RELACIONAMENTOS ESPACIAIS EXISTENTES ENTRE AS CLASSES DE DADOS DO CAR

Com o propósito explicitar os relacionamentos espaciais, a Tabela 4 indica o inter-relacionamento entre as classes presentes no modelo OMT-G proposto para o CAR.

Tabela 4: Inter-relacionamento entre as classes

Classe	Relação	Classe
Area_Imovel	Distância (1000 m) (1) (0..*)	Reservatorio_Artificial
Area_Imovel	Em (1) (0..*)	Topo_Morro

Area_Imovel	Em (1) (0..*)	Declividade_45
Area_Imovel	Em (1) (0..*)	Banhado
Area_Imovel	Distância (1000 m) (1) (0..*)	Borda_Chapada
Area_Imovel	Distância (10.000 m) (1) (0..*)	Nascente_Olho_ Dagua
Area_Imovel	Distância (10.000 m) (1) (0..*)	Vereda
Area_Imovel	Em (1) (0..*)	Altitude_1800
Area_Imovel	Distância (600 m) (1) (0..*)	Trecho_Massa_ Dagua
Area_Imovel	Em (1) (0..*)	Restinga
Area_Imovel	Distância (10.000 m) (1) (0..*)	Grota_Seca
Area_Imovel	Distância (10.000 m) (1) (0..*)	Campo_Murundus
Area_Imovel	Em (1) (0..*)	Manguezal
Area_Imovel	Distância (100 m) (1) (0..*)	Lago_Lagoa_ Natural
Area_Imovel	Em (1) (0..*)	Area_Servidao_ Publica
Area_Imovel	Em (1) (0..*)	Area_Utilidade_ Publica
Area_Imovel	Em (1) (0..*)	Reservatorio_ Energia_ Abastecimento
Area_Imovel	Em (1) (0..*)	Area_Uso_ Restrito_Regiao_ Pantaneira
Area_Imovel	Em (1) (0..*)	Area_Uso_ Restrito_ Declividade_25_45
Area_Liquida_ Imovel	Toca (1) (0..*)	Reservatorio_ Energia_ Abastecimento
Area_Liquida_ Imovel	Toca (1) (0..*)	Area_ Infraestrutura_ Publica
Area_Liquida_ Imovel	Toca (1) (0..*)	Area_Utilidade_ Publica

Entorno_ Reservatorio_ Energia_ Abastecimento	Toca (1..1) (0..1)	APP_ Reservatorio_Nao_ Desapropriado
Area_Liquida_ Imovel	Em (1) (0..*)	APP_Restinga
Area_Liquida_ Imovel	Em (1) (0..*)	APP_Grota_Seca
Area_Liquida_ Imovel	Em (1) (0..*)	APP_Campo_ Murundus
Area_Liquida_ Imovel	Em (1) (0..*)	APP_Nascente_ Olho_Dagua
Area_Liquida_ Imovel	Em (1) (0..*)	APP-Vereda
Area_Liquida_ Imovel	Em (1) (0..*)	APP_Topo_Morro
Area_Liquida_ Imovel	Em (1) (0..*)	APP_Banhado
Area_Liquida_ Imovel	Em (1) (0..*)	APP_Borda_ Chapada
Area_Liquida_ Imovel	Em (1) (0..*)	APP_Manguezal
Area_Liquida_ Imovel	Em (1) (0..*)	APP_ Altitude_!800
Area_Liquida_ Imovel		APP_ Reservatorio_Nao_ Desapropriado
Area_Liquida_ Imovel	Em (1) (0..*)	APP_Lago_Lagoa_ Natural
Area_Liquida_ Imovel	Em (1) (0..*)	APP_Reservatorio- Artificial
Area_Liquida_ Imovel	Em (1) (0..*)	APP_Trecho_ Massa_Dagua
APP_Restinga	Em (1) (1)	Restinga
APP_Grota_Seca	Contém (1)	Grota_Seca
APP_Campo_ Murundus	Contém (1) (1)	Campo_Murundus
APP_ Nascente_ Olho_Dagua	Em (1) (1)	Nascente_Olho_ Dagua
APP_Vereda	Contém (1) (1)	Vereda
APP_Topo_ Morro	Em (1) (1)	Topo_Morro
APP_Banhado	Em (1) (1)	Banhado
APP_Borda_ Chapada	Em (1) (1)	Borda_Chapada
APP_ Manguezal	Em (1) (1)	Manguezal

Proposição de Modelo Conceitual de Banco De Dados Geoespacial para o Cadastro Ambiental

APP_Altitude_1800	Em (1) (1)	Altitude_1800
APP_Declividade_45	Em (1) (1)	Declividade_45
APP_Campo_Murundus_61A	Contém (1) (1)	Campo_Murundus
APP_Nascente_Olho_Dagua_61A	Em (1) (1)	Nascente_Olho_Dagua
APP_Vereda_Art_61A	Contém (1) (1)	Vereda
Lago_Lagoa_Natural	Toca (0..*) (1..*)	APP_Banhado
Lago_Lagoa_Natural	Toca (0..*) (1..*)	APP_Borda_Chapada
Lago_Lagoa_Natural	Toca (0..*) (1..*)	APP_Manguezal
Lago_Lagoa_Natural	Toca (0..*) (1..*)	APP_Altitude_!800
Lago_Lagoa_Natural		APP_Reservatorio_Nao_Desapropriado
Lago_Lagoa_Natural	Toca (1..*) (1..*)	APP_Lago_Lagoa_Natural
Lago_Lagoa_Natural	Toca (0..*) (1..*)	APP_Reservatorio-Artificial
Lago_Lagoa_Natural	Toca (0..*) (1..*)	APP_Trecho_Massa_Dagua
Reservatorio_Artificial	Toca (0..*) (1..*)	APP_Restinga
Reservatorio_Artificial	Toca (0..*) (1..*)	APP_Grota_Seca
Reservatorio_Artificial	Toca (0..*) (1..*)	APP_Campo_Murundus
Reservatorio_Artificial	Toca (0..*) (1..*)	APP_Nascente_Olho_Dagua
Reservatorio_Artificial	Toca (0..*) (1..*)	APP-Vereda
Reservatorio_Artificial	Toca (0..*) (1..*)	APP_Topo_Morro
Reservatorio_Artificial	Toca (0..*) (1..*)	APP_Banhado
Reservatorio_Artificial	Toca (0..*) (1..*)	APP_Borda_Chapada
Reservatorio_Artificial	Toca (0..*) (1..*)	APP_Manguezal
Reservatorio_Artificial	Toca (0..*) (1..*)	APP_Altitude_!800
Reservatorio_Artificial	Toca (0..*) (1..*)	APP_Lago_Lagoa_Natural
Reservatorio_Artificial	Toca (1..*) (1..*)	APP_Reservatorio-Artificial

Reservatorio_Artificial	Toca (0..*) (1..*)	APP_Trecho_Massa_Dagua
Trecho_Massa_Dagua	Toca (1..*) (1..*)	APP_Trecho_Massa_Dagua_Art61A
Trecho_Massa_Dagua	Toca (0..*) (1..*)	APP_Vereda_Art61A
Trecho_Massa_Dagua	Toca (0..*) (1..*)	APP_Lago_Lagoa_Natural_Art61A
Trecho_Massa_Dagua	Toca (0..*) (1..*)	APP_Campo_Murundus_Art61A
Trecho_Massa_Dagua	Toca (0..*) (1..*)	APP_Nascente_Olho_Dagua_Art61A
Lago_Lagoa_Natural	Toca (0..*) (1..*)	APP_Trecho_Massa_Dagua_Art61A
Lago_Lagoa_Natural	Toca (0..*) (1..*)	APP_Vereda_Art61A
Lago_Lagoa_Natural	Toca (1..*) (1..*)	APP_Lago_Lagoa_Natural_Art61A
Lago_Lagoa_Natural	Toca (0..*) (1..*)	APP_Campo_Murundus_Art61A
Lago_Lagoa_Natural	Toca (0..*) (1..*)	APP_Nascente_Olho_Dagua_Art61A
Reservatorio_Artificial	Toca (0..*) (1..*)	APP_Trecho_Massa_Dagua_Art61A
Reservatorio_Artificial	Toca (0..*) (1..*)	APP_Vereda_Art61A
Reservatorio_Artificial	Toca (0..*) (1..*)	APP_Lago_Lagoa_Natural_Art61A
Reservatorio_Artificial	Toca (0..*) (1..*)	APP_Campo_Murundus_Art61A
Reservatorio_Artificial	Toca (0..*) (1..*)	APP_Nascente_Olho_Dagua_Art61A
APP_Vegetacao_Nativa	Em (1..*) (1..*)	Vegetacao_Nativa
APP_AreaAntropizada	Em (1..*) (1..*)	Area_Nao_Classificada
APP_Area_Consolidada	Em (1..*) (1..*)	Area_Consolidada
APP_Vegetacao_Nativa	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Restinga
APP_Vegetacao_Nativa	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Grota_Seca
APP_Vegetacao_Nativa	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Campo_Murundus

APP_Vegetacao_Nativa	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Nascente_Olho_Dagua
APP_Vegetacao_Nativa	Em, Contido (0..1) (1)	APP-Vereda
APP_Vegetacao_Nativa	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Topo_Morro
APP_Vegetacao_Nativa	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Banhado
APP_Vegetacao_Nativa	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Borda_Chapada
APP_Vegetacao_Nativa	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Manguezal
APP_Vegetacao_Nativa	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Altitude_!800
APP_Vegetacao_Nativa	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Reservatorio_Nao_Desapropriado
APP_Vegetacao_Nativa	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Lago_Lagoa_Natural
APP_Vegetacao_Nativa	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Reservatorio-Artificial
APP_Vegetacao_Nativa	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Trecho_Massa_Dagua
APP_Area_Antropizada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Restinga
APP_Area_Antropizada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Grota_Seca
APP_Area_Antropizada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Campo_Murundus
APP_Area_Antropizada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Nascente_Olho_Dagua
APP_Area_Antropizada	Em, Contido (0..1) (1)	APP-Vereda
APP_Area_Antropizada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Topo_Morro
APP_Area_Antropizada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Banhado
APP_Area_Antropizada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Borda_Chapada
APP_Area_Antropizada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Manguezal
APP_Area_Antropizada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Altitude_!800

APP_Area_Antropizada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Reservatorio_Nao_Desapropriado
APP_Area_Antropizada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Lago_Lagoa_Natural
APP_Area_Antropizada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Reservatorio-Artificial
APP_Area_Antropizada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Trecho_Massa_Dagua
APP_Area_Consolidada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Restinga
APP_Area_Consolidada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Grota_Seca
APP_Area_Consolidada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Campo_Murundus
APP_Area_Consolidada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Nascente_Olho_Dagua
APP_Area_Consolidada	Em, Contido (0..1) (1)	APP-Vereda
APP_Area_Consolidada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Topo_Morro
APP_Area_Consolidada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Banhado
APP_Area_Consolidada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Borda_Chapada
APP_Area_Consolidada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Manguezal
APP_Area_Consolidada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Altitude_!800
APP_Area_Consolidada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Reservatorio_Nao_Desapropriado
APP_Area_Consolidada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Lago_Lagoa_Natural
APP_Area_Consolidada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Reservatorio-Artificial
APP_Area_Consolidada	Em, Contido (0..1) (1)	APP_Trecho_Massa_Dagua
Area_Consolidada	Disjunta (1..*) (1..*)	Area_Protegida
APP_Area_Consolidada	Disjunta (1..*) (1..*)	Area_Protegida
APP_Area_Antropizada	Sobrepoẽ (0..*) (0..*)	Area_Protegida
Area_Liquida_Imovel	Em (1) (0..*)	RL_Proposta
Area_Liquida_Imovel	Em (1) (0..*)	RL_Aprovada_Nao_Averbada
Area_Liquida_Imovel	Em (1) (0..*)	RL_Averbada
Area_Liquida_Imovel	Disjunta (1) (0..*)	RL_Averbada_Outro_Imovel
RL_Averbada_Outro_Imovel	Em (0..*) (1)	RL_Aprovada_Nao_Averbada

RL_Averbada_ Outro_Imovel	Em (0..*) (1)	RL_Averbada
RL_Proposta	Toca (1..*) (0..*)	Trecho_Massa_ Dagua
RL_Aprovada_ Nao_Averbada	Toca (1..*) (0..*)	Trecho_Massa_ Dagua
RL_Averbada	Toca (1..*) (0..*)	Trecho_Massa_ Dagua
RL_Proposta	Toca (1..*) (0..*)	Reservatorio_ Artificial
RL_Aprovada_ Nao_Averbada	Toca (1..*) (0..*)	Reservatorio_ Artificial
RL_Averbada	Toca (1..*) (0..*)	Reservatorio_ Artificial
RL_Proposta	Toca (1..*) (0..*)	Lago_Lagoa_ Natural
RL_Aprovada_ Nao_Averbada	Toca (1..*) (0..*)	Lago_Lagoa_ Natural
RL_Averbada	Toca (1..*) (0..*)	Lago_Lagoa_ Natural

8. CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste trabalho teve por finalidade apresentar uma proposta de modelo conceitual para o CAR de acordo com o regramento definido na Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 acrescido de regramentos ambientais específicos aplicados ao Distrito Federal.

Deste modo, o modelo conceitual apresentado neste trabalho não explicita de maneira fidedigna a modelagem conceitual concebida para implementar o banco de dados referente ao Módulo de Cadastro Ambiental Rural desenvolvido pelo SFB, pois a construção do modelo conceitual proposto partiu das análises dos dados geoespaciais disponibilizados pelo SICAR e compreensão dos regramentos ambientais aplicados pelo módulo de cadastro ambiental rural no ato de cadastramento de imóveis.

A elaboração e disponibilização de um modelo conceitual permite a transmissão de muitas informações referentes aos relacionamentos das diversas classes de uma forma compacta e inteligível.

Importante mencionar que o modelo conceitual proposto não contempla os regramentos referentes aos imóveis rurais de povos e comunidades tradicionais e imóveis

rurais de assentamento da reforma agrária, pois a base de dados utilizada não possuíam cadastros oriundos de povos e comunidades tradicionais e de assentamento da reforma agrária.

Por fim, o modelo conceitual proposto poderá auxiliar quaisquer processos de tomadas de decisões referentes aos cadastros ambientais de imóveis rurais, bem como em qualquer outro processo que envolva a compreensão e análises das informações ambientais disponibilizadas pelo SISCAR, pois o modelo conceitual proposto permitiu a transposição de entidades do mundo real, visualização entre objetos envolvidos e suas interações por meio de regras e relacionamentos que auxiliam na compreensão do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, K. A. V. 1997. **Modelagem de dados geográficos - uma extensão do modelo OMT para aplicações geográficas** (Dissertação) Fundação João Pinheiro, Escola de Governo, Belo Horizonte, Minas Gerais. 1997. 123p.

BORGES, K. A. V.; LAENDER, A. H. F.; DAVIS JR, C. A. Spatial data integrity constraints in object oriented geographic data modeling. **In Proceedings of the International Symposium on Advances in Geographic Information Systems** (Association for Computing machinery GIS 99), p. 1- 6, Kansas City, Missouri. 1999.

BORGES, K. A. V.; DAVIS JR, C. A.; LAENDER, A. H. F. **Modelagem Conceitual de Dados Geográficos**. In: CASANOVA, M. A. CÂMARA, G. DAVIS JR. C. A. VINHAS, L. QUEIROZ, G. R. Bancos de Dados Geográficos. Curitiba, 2005. Ed. MundoGeo. 2005. 504p.

BRASIL. Lei nº 12.727, de 27 de outubro de 2012. *Lex*: Altera a Lei nºs 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei no 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2o do art. 4o da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF: Poder Executivo, 18 out. 2012a. Seção 1, p. 1-3.

- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. *Lex*: Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF: Poder Executivo, 28 mai. 2012b. Seção 1, p. 1-8.
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE**, São José dos Campos, São Paulo, 1995. 205p.
- CLEMENTINI, E.; DI FELICE, P. A. Comparison of methods for representing topological relationships. Information Sciences - Applications, **An International Journal**, New York, v. 3, n. 3, p. 149–178, 1995.
- COMANDO DO EXÉRCITO. Portaria nº 007 - DCT, de 10 de fevereiro de 2016. *Lex*: Aprova a Norma da Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais de Defesa da Força Terrestre (EB80-N-72.002) – 1ª Parte – 2ª Edição. **Boletim do Exército nº 7/2016**, Brasília, DF: Secretaria-Geral do Exército, 19 de fev. 2016, p. 41.
- DAVIS JR., C. A.; BORGES, K. A. V.; LAENDER, A. H. F. **Restrições de Integridade em Bancos de Dados Geográficos**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/geoinfo/geoinfo2001/papers/139clodoveu.pdf>>. Acessado em: 01/05/2016. 9p.
- DAVIS JR., C. A. **Múltiplas Representações em Sistemas de Informação Geográficos**. (Tese), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2000. 106p.
- DISTRITO FEDERAL. Decreto Distrital nº. 30.315 de 29 de abril de 2009. Regulamenta o artigo 9º da Lei nº 041, de 13 de setembro de 1989, para determinar a apresentação de Relatório Ambiental com o fim de distinguir curso d'água intermitente e canal natural de escoamento superficial e de definir a faixa marginal de proteção (não edificável). **Diário Oficial do Distrito Federal**, Brasília: Poder Executivo, 30 abr. 2009. Seção 1, p. 1-2.
- DISTRITO FEDERAL. Instrução IBRAM Nº 39 DE 21/02/2014. Dispõe sobre a preservação dos campos de murundus, também conhecidos como covais e dá outras providências, Brasília, DF, Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal, **Diário Oficial do Distrito Federal**, Brasília: Poder Executivo, 25 fev. 2014. Seção 1, p. 16.
- ELMASRI, R.; NAVANTHE, S.B. **Sistemas de Banco de Dados**. 4º ed. São Paulo: Pearson, 2005. 730 p.
- EGENHOFER, M. J.; FRANZOSA, R. D. Point-set topological spatial relations. **International Journal of Geographical Information System**, v. 5 n. 2, p. 161-174, 1990.
- EGENHOFER, M. J. HERRING, J. R. A mathematical framework for the definition of topological relationships. **4th International Symposium on Spatial Data Handling**, p. 803-813. 1991.
- FRIIS-CHRISTENSEN, A.; TRYFONA, N.; JENSEN, C. S. Requirements and Research Issues in Geographic Data Modeling. **9th Association for Computing Machinery. International Symposium on Advances in Geographic Information Systems (ACMGIS 2001)** Atlanta, GA, USA, Nov. p. 9-10, 2001.
- GATRELL, A. C. Concepts of space and geographical data. In: MAGUIRE, D. J., GOODCHILD, M. F., RHIND, D. W. **Geographical Information Systems: principles and applications**. Longman Scientific & Technical, 1991. Cap.9, p.119-134.
- RAJABIFARD, A.; VAEZ, S.S.; WILLIAMSON, I.P. Building Seamless SDI to Facilitate Land and Marine Environments. In: **Tenth International Conference for Spatial Data Infrastructure**, p. 25 -29 Feb. 2008, Trinidad. Proceedings Trinidad: GSDI Association, 2008. 10p.
- STARUML. **Welcome to StarUML!** Disponível em: <<http://staruml.sourceforge.net/en/>>. Acessado em: 01/05/2016.
- TEIXEIRA, A. A. **Ottocodificação estendida e**

inteligência hidrográfica em banco de dados geográficos. (Tese) Geociências Aplicadas, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012. 405p.

TEOREY, T. J.; LIGHTSTONE, S.; NADEAU, T.; JAGADISH, H. V. **Projeto e modelagem de banco de dados.** Tradução Daniel Vieira, 2ª edição, Elsevier, 2011. 328p.