

Bancos de Dados Geográficos

Projeto Lógico de BDG: Mapeamento Conceitual-Lógico e Restrições de Integridade Espaciais

Clodoveu Davis

Clodoveu Davis

Mapeamento Conceitual-Lógico

- É possível projetar um esquema relacional ou objeto-relacional a partir do esquema conceitual OMT-G
- O esquema relacional resultante do mapeamento inclui
 - Um conjunto de relações
 - Os atributos dessas relações
 - Um conjunto de restrições de integridade

Clodoveu Davis

Mapeamento Conceitual-Lógico

- O mapeamento é descrito como um algoritmo, que é o que ferramentas CASE implementam
 - Modelo de origem e modelo de destino podem variar;
ex.: ER → Relacional
 - No nosso caso: OMT-G → Objeto-relacional (OGC)
- Depois de obtido o esquema lógico, a ferramenta CASE pode completar o processo e gerar programas ou scripts baseados na DDL de um SGBD específico

Clodoveu Davis

Mapeamento Conceitual-Lógico

- No mapeamento para o esquema interno (físico), é possível alterar algumas estruturas, estabelecendo organizações diferentes
 - Isso será discutido junto com detalhes do modelo físico

Clodoveu Davis

Mapeamento Conceitual-Físico

- Etapas
 - 1. Classes, representações e atributos
 - 2. Associações simples 1:1
 - 3. Associações simples 1:N e agregações
 - 4. Associações simples M:N e relacionamentos em rede arco-nó
 - 5. Atributos multivalorados
 - 6. Generalizações e especializações
 - 7. Generalizações conceituais
 - 8. Restrições em atributos
 - 9. Restrições de integridade espaciais

Clodoveu Davis

Etapa 1 - Classes

- Para cada classe C no esquema OMT-G, criar uma relação R
 - Incluir em R a representação geográfica simplificada correspondente à alternativa de representação OMT-G (tabela a seguir)
 - Incluir em R todos os atributos simples de C

Clodoveu Davis

Etapa 1 - Classes

- (cont.)
 - Escolher um dos atributos de R para ser a chave primária
 - Isso não é obrigatório se a classe não tiver atributos ou se só se relacionar espacialmente com outras classes (p. ex., geocampos)
 - Opcionalmente, criar um atributo chave artificial, como um Object_ID a ser gerado automaticamente

Clodoveu Davis

Etapa 1 - Classes

- As únicas representações geográficas disponíveis no esquema lógico O-R são
 - Ponto (OGC: Point)
 - Linha (OGC: LineString)
 - Polígono (e região) (OGC: Polygon)
 - Tesselação (grade regular) (OGC: GeoRaster)

Clodoveu Davis

Representação OMT-G		Representação OpenGIS (Simple Features Specification)
Geo-objeto	Ponto	Point
Geo-objeto	Linha	LineString
Geo-objeto	Polígono	Polygon
Geo-objeto	Nó de rede	Point
Geo-objeto	Arco unidirecionado	LineString
Geo-objeto	Arco bidirecionado	LineString
Geo-campo	Amostras	Point
Geo-campo	Isolinhas	LineString e/ou Polygon
Geo-campo	Subdivisão planar	Polygon
Geo-campo	Triangulação	Point (vértices) e Polygon (triângulos)
Geo-campo	Tesselação	GeoRaster, campo binário longo

Etapa 2 – Associações 1:1

- Para cada associação simples A, com cardinalidade 1:1, entre as classes S e T
 - Escolher S ou T para receber, com chave estrangeira, a chave primária da outra
 - Preferir a classe com participação total no relacionamento (min = 1)
 - Incluir os atributos de A, se houver, como atributos da classe escolhida
 - Se ambas as classes tiverem participação total, verificar a possibilidade de unificá-las em uma única relação
 - Se nenhuma tiver participação total, escolher a situação que gerar menos valores nulos no BD

Clodoveu Davis

Etapa 3 – Associações 1:N e Agregações

- Para cada relacionamento R ou agregação (convencional ou espacial)
 - Identificar a classe P que está do lado de cardinalidade N, e a classe T, do lado de cardinalidade 1
 - Em agregações, o lado “todo” é a classe T, e o lado “parte” é a classe P
 - Incluir como chave estrangeira em R a chave primária de P, exceto no caso de agregação espacial
 - Incluir quaisquer atributos de R como atributos de P

Clodoveu Davis

Etapa 4 – Associações M:N e relacionamentos em rede

- Para cada relacionamento M:N
 - Criar uma nova relação R para representar o relacionamento
 - Criar como chaves estrangeiras de R as chaves primárias de cada classe participante
 - Criar a chave primária de R como a concatenação dessas chaves
 - Incluir como atributos de R os atributos do relacionamento

Clodoveu Davis

Etapa 4 – Associações M:N e relacionamentos em rede

- Para cada relacionamento em rede arco-nó
 - Criar uma chave primária para a relação nó, se não existir anteriormente
 - Inserir dois atributos chave estrangeira na relação arco, referenciando a chave primária da relação nó (Nó 1 e Nó 2)
 - Criar duas restrições de integridade referenciais
 - Arcos direcionados consideram a ordem Nó 1 → Nó 2, e arcos bidirecionados a ignoram

Clodoveu Davis

Etapa 5 – Atributos multivalorados

- Para cada atributo multivalorado A na classe C
 - Criar uma nova relação S, contendo um atributo correspondente a A, mais a chave primária de C, que será chave estrangeira em relação a C

Clodoveu Davis

Etapa 6 – Generalizações e especializações

- Converter cada especialização, formada pelas subclasses $\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ e pela superclasse $C(k, a_1, a_2, \dots, a_n)$ segundo uma de quatro opções

Clodoveu Davis

Etapa 6 – Generalizações e especializações

- Opção A
 - Criar uma relação L a partir de C com os atributos $\{k, a_1, a_2, \dots, a_n\}$, sendo k a chave primária de L
 - Criar uma relação L_i para cada subclasse S_i , com o atributo k mais os atributos de S_i
 - Usar k como chave primária de L_i
 - Se necessário, os atributos herdados por L_i serão recuperados por junção a L

Clodoveu Davis

Etapa 6 – Generalizações e especializações

- Opção B
 - Criar uma relação L_i para cada subclasse S_i , com os atributos $\{k, a_1, a_2, \dots, a_n\}$, mais os atributos de S_i
 - Usar k como chave primária de L_i
- Para recompor a superclasse C , é necessário realizar um OUTER UNION ou um FULL OUTER JOIN com todas as relações L_i

Clodoveu Davis

Etapa 6 – Generalizações e especializações

- Opção C
 - Criar uma única relação L com os atributos $\{k, a_1, a_2, \dots, a_n\}$, mais os atributos de *cada* subclasse S_i e ainda um atributo t
 - k é a chave primária de L
 - t é um atributo *discriminador*, que indica a qual subclasse pertence cada tupla de L
 - t pode ser nulo se a especialização for parcial

Clodoveu Davis

Etapa 6 – Generalizações e especializações

- Opção D
 - Criar uma única relação L com os atributos $\{k, a_1, a_2, \dots, a_n\}$, mais os atributos de *cada* subclasse S_i e ainda um atributo t_i para cada subclasse S_i
 - k é a chave primária de L
 - t_i são atributos Booleanos *discriminadores*, que indica se tupla de L pertence a S_i
 - Se a especialização for disjunta, apenas um dos t_i pode ser TRUE, mas nesse caso seria melhor usar a opção C
 - Se a especialização for total, pelo menos um dos t_i tem que ser TRUE

Clodoveu Davis

Etapa 7 – Generalizações Conceituais

- Criar a superclasse (não geográfica) e cada subclasse usando a Etapa 1
- Usar a mesma chave primária em todas as relações
- Estabelecer uma restrição de integridade referencial entre cada subclasse e a superclasse

Clodoveu Davis

Mapeamento para esquemas de implementação

- Correspondência entre primitivas do modelo OMT-G e elementos do modelo objeto-relacional

Clodoveu Davis

Modelo OMT-G	Modelo Objeto-relacional
Classe Georreferenciada	Relação "entidade" com representação geométrica associada (vide seção 3.6.2); se do tipo geo-campo, restrições de integridade referentes à representação adotada (R1 a R5)
Classe Convencional	Relação "entidade"
Associação simples com cardinalidade 1:1 ou 1: N	Par chave estrangeira-chave primária
Associação simples com cardinalidade N : M	Relação "relacionamento" e dois pares chave estrangeira-chave primária
Relacionamento espacial topológico	Restrição de integridade relativa ao tipo de relacionamento espacial (RT)
Relacionamento em rede arco-nó	Dois pares chave estrangeira-chave primária entre a relação arco e a relação nó (nó anterior e nó posterior); restrição de integridade espacial adequada (R6)
Relacionamento em rede arco-arco	Dois pares chave estrangeira-chave primária em auto-relacionamento sobre a relação arco; restrição de integridade espacial adequada (R7)
Agregação	Par chave estrangeira-chave primária entre a classe "parte" e a classe "todo"
Agregação espacial	Assoc. 1:N + restrição de integridade relativa a agregação espacial (R8)
Generalização / especialização	Restrições de integridade entre subclasses e superclasse
Generalização conceitual	Chaves primárias comuns e restrições de integridade entre subclasses e superclasse; verificar diagrama de transformação
Atributo simples	Atributo simples (coluna)
Atributo composto	Conjunto de atributos simples componentes
Atributo multivalorado	Relação e chave estrangeira
Atributo-chave	Chave primária (ou candidata)
Métodos ou operações	Triggers ou programas associados

Mapeamento de Métodos

- Métodos associados às classes devem ser especificados no esquema lógico como funções, que serão posteriormente implementadas como programas associados (stored procedures), assertivas (assertions) ou gatilhos (triggers)

Clodoveu Davis

Restrições

- Restrições convencionais
 - Tabela com restrições para cada atributo
- Restrições espaciais
 - Listar as restrições que tem que ser implementadas
 - Na implementação, cuidar de cada tipo com métodos genéricos
 - Opção de verificação de integridade em vez do controle da integridade no momento da entrada ou alteração do dado

Clodoveu Davis

Relação	Atributo	Tipo/Largura	Nulo?	Único?	Valores permitidos	Restrições adicionais / Comportamento se chave estrangeira

Clodoveu Davis

Restrições

- Restrições “convencionais”
 - Restrições de domínio
 - Restrições estruturais (chave, valor nulo)
 - Restrições de integridade referenciais
- Restrições de integridade espaciais e o modelo OMT-G
 - ligadas a geo-campos
 - ligadas a relacionamentos
 - ligadas à forma geométrica

Clodoveu Davis

Restrições

- Garantir a integridade do banco de dados através de operações de atualização é uma preocupação de qualquer SGBD
- Geralmente são definidas regras de integridade que são incorporadas ao esquema do banco, deixando a cargo do SGBD sua implementação
- Restrições de integridade inerentes ao problema são definidas pelo usuário e implementadas pela aplicação (*regras de negócio*)

Clodoveu Davis

Restrições

- Em bancos de dados espaciais existem outros tipos de restrição de integridade
 - topológicas / geométricas
 - semânticas
- Essas restrições podem ser extraídas do esquema conceitual do banco de dados
- O ideal seria implementar regras correspondentes a essas restrições no próprio SGBD espacial
- Restrições definidas pelo usuário precisam também ser implementadas pela aplicação (SIG)

Clodoveu Davis

Restrições Relacionais

- Restrições de domínio
 - Tipos de dados associados a atributos: `short int`, `int`, `long int`, `float`, `double`, `char`, `string`, `varchar`, `date`, `time`, `timestamp`, `money`
 - Outros: extensões de tipos de dados e tipos enumerados
 - Conjuntos de valores permitidos
 - Regras de comportamento específicas (ex. dígitos verificadores)

Clodoveu Davis

Restrições Relacionais

- Restrições de chave (unicidade)
 - Por definição, todos os elementos de um conjunto são distintos
 - Portanto, todas as instâncias precisam ser distintas, ou seja, dois objetos não podem ter a mesma combinação de valores para *todos* os seus atributos
 - Em algumas circunstâncias, essa restrição é resolvida com um esquema de identificação única de objetos, implementada pelo SGBD independentemente do projeto

Clodoveu Davis

Restrições Relacionais

- Restrições de chave
 - Uma *chave* K é um atributo cujo valor não se repita entre dois objetos distintos, garantidamente
 - Ou seja, uma chave é determinada a partir do significado dos atributos, e sua propriedade deve ser *invariável no tempo*
 - Se há o risco de, em algum ponto no futuro, alguma tupla vir a repetir o valor da chave, então a chave é inválida

Clodoveu Davis

Restrições Relacionais

- Restrições de chave
 - É possível que uma classe possua mais de uma chave
 - Nesse caso, cada uma das chaves é denominada *chave candidata*
 - Uma das chaves é escolhida como *chave primária*
- Restrições em nulo
 - Pode-se definir se valores nulos são ou não permitidos em um dado atributo

Clodoveu Davis

Mais Restrições Relacionais

- Restrição de integridade da entidade
 - Nenhuma chave primária pode ter valor nulo
 - Se isso fosse permitido, então estaríamos admitindo que existem tuplas que não conseguimos identificar
 - Se duas ou mais tuplas estiverem nesse estado, não conseguiremos distinguí-las, violando a regra básica da chave primária

Clodoveu Davis

Restrições Relacionais

- Restrição de integridade referencial
 - Especificada entre duas relações
 - Utilizada para manter a consistência entre tuplas de duas relações, no modelo relacional
 - A regra informal é que deve haver correspondência entre objetos que estejam obrigatoriamente relacionados (vide cardinalidade)

Clodoveu Davis

Restrições Relacionais

- Para formalizar a definição da restrição de integridade referencial, é necessário primeiro definir *chave estrangeira* (*foreign key*)
- Um conjunto de atributos FK é uma *chave estrangeira* de uma classe C1 que referencia uma classe C2 se ele satisfizer às seguintes regras:
 - Os atributos em FK possuem o(s) mesmo(s) domínio(s) que os atributos da chave primária (PK) de C2
 - os atributos FK *referenciam* ou *se referem* à relação R_2
 - Um valor de FK do estado corrente ocorre em C1 como um valor de PK em C2, ou é nulo (se permitido)

Clodoveu Davis

Mais Restrições Relacionais

- Em um BD com muitas relações, é provável que existam diversas restrições de integridade referencial
- As restrições de integridade referencial geralmente são definidas a partir dos relacionamentos entre as entidades no esquema conceitual
- Observe que uma chave estrangeira pode se referir à sua própria classe (auto-relacionamento)
- O diagrama do esquema relacional pode indicar as restrições de integridade referencial

Clodoveu Davis

Restrições Relacionais

- Todas as restrições de integridade devem ser especificadas no esquema do banco de dados relacional se quisermos que o SGBD as implemente
- A maioria dos SGBD suporta restrições de integridade de entidades e restrições de chave, e possui recursos para suportar a integridade referencial

Clodoveu Davis

Restrições Relacionais

- Restrições de integridade semântica
 - São definidas de acordo com o problema, e portanto não correspondem a uma situação genérica, como nas restrições vistas até agora
 - Exemplo: “o número máximo de horas mensais por projeto para cada empregado é de 100 horas”
 - São definidas usando uma *linguagem de especificação de restrições*, ou mecanismos como *gatilhos (triggers)* e *declarações (assertivas ou assertions)*

Clodoveu Davis

Restrições de Integridade Espaciais e o Modelo OMT-G

- Restrições relativas a geo-campos
- Restrições ligadas a relacionamentos
 - Relacionamentos espaciais
 - Relacionamentos em rede
 - Generalizações e especializações espaciais
 - Agregações espaciais
- Restrições relativas a geo-objetos
- Restrições convencionais
 - Associações simples (integridade referencial)
 - Generalizações e especializações convencionais
 - Agregações convencionais

Clodoveu Davis

Restrições relativas a Geo-Campos

R1. Restrição de Preenchimento do Plano. Seja F um geo-campo e seja P um ponto tal que $P \subset F$. Então um valor $V(P) = f(P, F)$, *i.e.*, o valor de F em P , pode ser univocamente determinado.

Deve ser possível determinar um único valor para o geo-campo em qualquer ponto da região de interesse

Clodoveu Davis

Restrições relativas a Geo-Campos

R2. Isolinhas. Seja F um geo-campo. Sejam v_0, v_1, \dots, v_n $n+1$ pontos no plano. Sejam $a_0 = \overline{v_0v_1}$, $a_1 = \overline{v_1v_2}$, ..., $a_{n-1} = \overline{v_{n-1}v_n}$, n segmentos, conectando os pontos. Esses segmentos formam uma *isolinha* L se, e somente se, (1) a interseção de segmentos adjacentes em L ocorre apenas no ponto extremo compartilhado por eles (*i. e.*, $a_i \cap a_{i+1} = v_{i+1}$), (2) segmentos não-adjacentes não se interceptam (ou seja, $a_i \cap a_j = \emptyset$ para todo i, j tais que $j \neq i+1$), e (3) o valor de F em cada ponto P tal que $P \in a_i$, $0 \leq i \leq n-1$, é constante.

Isolinhas são poligonais simples cujos vértices têm o mesmo valor no geo-campo

Clodoveu Davis

Restrições relativas a Geo-Campos

R3. Tesselação. Seja F um geo-campo. Seja $C = \{c_0, c_1, c_2, \dots, c_n\}$ um conjunto de células de formato regular (quadrado, hexagonal, retangular) e regularmente espaçadas que cobre F . C é uma tesselação de F se e somente se para cada ponto $P \in F$, existir exatamente uma célula $c_i \in C$ correspondente e, para cada célula c_i , o valor de F é dado.

Tesselações são subdivisões do espaço em células regulares que correspondem, cada uma, a um valor do geo-campo

Clodoveu Davis

Restrições relativas a Geo-Campos

R4. Subdivisão Planar. Seja F um geo-campo. Seja $A = \{A_0, A_1, A_2, \dots, A_n\}$ um conjunto de polígonos tal que $A_i \subset F$ para todo i tal que $0 \leq i \leq n-1$. O conjunto A forma uma *subdivisão planar* representando F se e somente se, para cada ponto $P \subset F$, existe exatamente um polígono $A_i \in A$, correspondente, para o qual o valor de F é dado.

Uma subdivisão planar é formada por polígonos que não se interceptam, não se sobrepõem, e que cobrem todo o espaço de interesse. A cada polígono está associado um valor do geo-campo.

Clodoveu Davis

Restrições relativas a Geo-Campos

R5. Rede Triangular Irregular. Seja F um geo-campo. Seja $T = \{T_0, T_1, T_2, \dots, T_n\}$ um conjunto de triângulos tal que $T_i \subset F$ para todo i tal que $0 \leq i \leq n-1$. T forma uma *rede triangular irregular* que representa F se e somente se, para cada ponto $P \subset F$, existe exatamente um triângulo $T_i \in T$ correspondente, e o valor de F é conhecido em todos os vértices de T_i .

TIN são subdivisões planares formadas por triângulos, sendo que o valor do geo-campo está associado a cada vértice, e não a cada triângulo.

Clodoveu Davis

Restrições ligadas a Relacionamentos Relacionamentos Espaciais

- Relacionamentos espaciais
 - Definidos usando a *matriz de 4 interseções*
 - Tipos adicionais podem ser definidos a partir dos básicos
 - São úteis, no mínimo: *adjacente a*, *coincide*, *contém* e *próximo* (dada uma distância)

Clodoveu Davis

Relacionamentos Espaciais

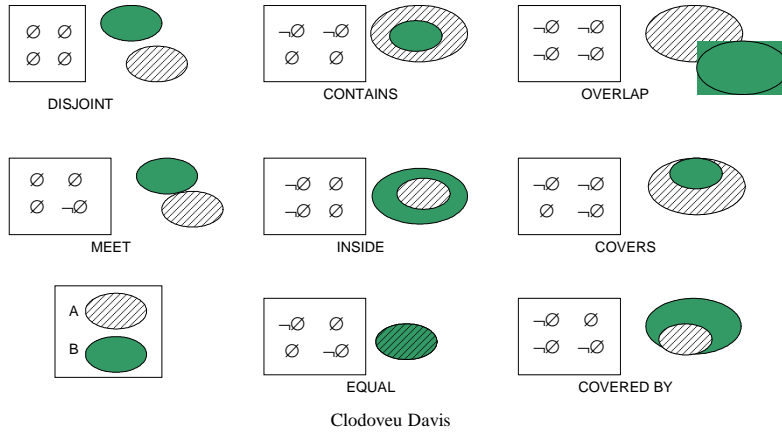
- Considerando duas regiões (sem buracos), e suas respectivas fronteiras e interiores, poderemos ter 16 tipos diferentes de interseções (cada combinação pode ser *vazio* ou *não vazio*)
- *Matriz de 4 interseções*

	B^o	∂B
A^o	$A^o \cap B^o$	$A^o \cap \partial B$
∂A	$\partial A \cap B^o$	$\partial A \cap \partial B$

Clodoveu Davis

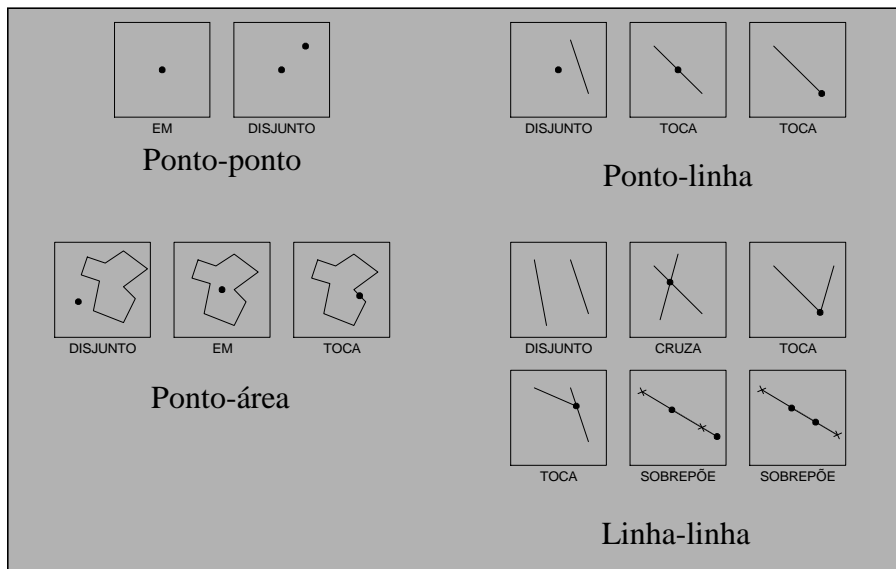
Relacionamentos Espaciais

8 combinações válidas restantes



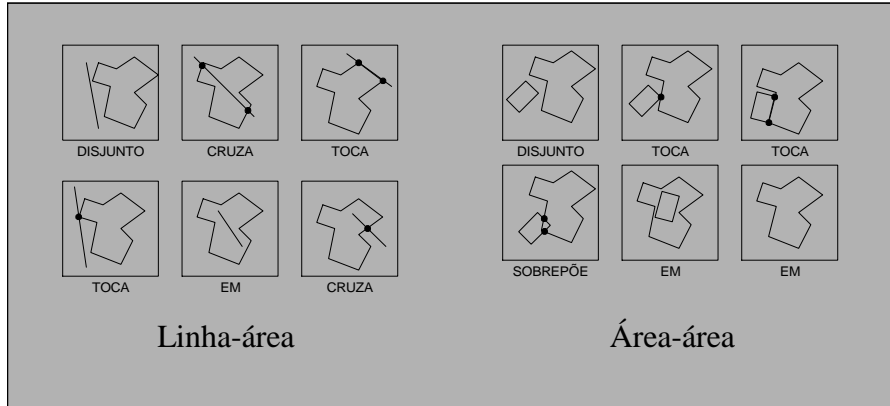
Restrições ligadas a Relacionamentos

Relacionamentos Espaciais - alternativa



Restrições ligadas a Relacionamentos

Relacionamentos Espaciais - alternativa



Clodoveu Davis

Restrições ligadas a Relacionamentos

Relacionamentos Espaciais Básicos - alternativa

Toca	1. Sejam A, B dois geo-objetos, onde nem A nem B são pontos. Então $(A \text{ toca } B) = \text{VERDADEIRO} \Leftrightarrow (A^\circ \cap B^\circ = \emptyset) \wedge (A \cap B \neq \emptyset)$.
Em	2. Sejam A, B dois geo-objetos. Então $(A \text{ em } B) = \text{VERDADEIRO} \Leftrightarrow (A \cap B = A) \wedge (A^\circ \cap B^\circ \neq \emptyset)$.
Cruza	3. Seja A um geo-objeto da classe Linha , e seja B um geo-objeto da classe Linha ou da classe Polígono . Então $(A \text{ cruza } B) = \text{VERDADEIRO} \Leftrightarrow \dim(A^\circ \cap B^\circ) = ((\max(\dim(A^\circ), \dim(B^\circ)) - 1) \wedge (A \cap B \neq A) \wedge (A \cap B \neq B))$
Sobrepõe	4. Sejam A, B dois geo-objetos, ambos membros da classe Linha ou da classe Polígono . Então $(A \text{ sobrepõe } B) = \text{VERDADEIRO} \Leftrightarrow \dim(A^\circ) = \dim(B^\circ) = \dim(A^\circ \cap B^\circ) \wedge (A \cap B \neq A) \wedge (A \cap B \neq B)$.
Disjunto	5. Sejam A, B dois geo-objetos. Então $(A \text{ disjunto } B) = \text{VERDADEIRO} \Leftrightarrow A \cap B = \emptyset$

Clodoveu Davis

Restrições ligadas a Relacionamentos

Relacionamentos Espaciais Adicionais

Adjacente a	6. Seja A um geo-objeto da classe Polígono , e seja B um geo-objeto da classe Linha ou da classe Polígono . Então $(A \text{ adjacente a } B) = \text{VERDADEIRO} \Leftrightarrow (A \text{ toca } B) \wedge \dim(A \cap B) = 1$.
Coincide com	7. Sejam A, B dois geo-objetos. Então $(A \text{ coincide com } B) = \text{VERDADEIRO} \Leftrightarrow A \cap B = A = B$.
Contém	8. Sejam A, B dois geo-objetos, onde A é da classe Polígono . Então $(A \text{ contém } B) = \text{VERDADEIRO} \Leftrightarrow ((B \text{ em } A) = \text{VERDADEIRO}) \wedge ((A \text{ coincide } B) = \text{FALSO})$

Clodoveu Davis

Restrições ligadas a Relacionamentos

Relacionamentos em Rede

R6. Estrutura arco-nó. Seja $G = \{N, A\}$ uma estrutura de rede, composta de um conjunto de nós $N = \{n_0, n_1, \dots, n_p\}$ e um conjunto de arcos $A = \{a_0, a_1, \dots, a_q\}$. Instâncias de N e instâncias de A são relacionadas de acordo com as seguintes restrições:

1. Para cada nó $n_i \in N$ deve haver pelo menos um arco $a_k \in A$.
2. Para cada arco $a_k \in A$ deve haver exatamente dois nós $n_i, n_j \in N$.

Para cada nó pelo menos um arco, e para cada arco sempre dois nós

Clodoveu Davis

Restrições ligadas a Relacionamentos

Relacionamentos em Rede

R7. Estrutura arco-arco. Seja $G = \{A\}$ uma estrutura de rede, composta de um conjunto de arcos $A = \{a_0, a_1, \dots, a_q\}$. A seguinte restrição se aplica:

Cada arco $a_k \in A$ deve estar ligado a pelo menos um outro arco $a_i \in A$, onde $k \neq i$.

Cada arco deve estar ligado a pelo menos um outro arco

Clodoveu Davis

Restrições ligadas a Relacionamentos

Generalização e Especialização

- Não existe distinção entre dados convencionais e dados georreferenciados
- Restrições básicas:
 - Total / Parcial: a união das subclasses corresponde integralmente à superclasse?
 - Disjunto / Sobreposto: alguma instância da superclasse pode pertencer a mais de uma subclasse?

Clodoveu Davis

Restrições ligadas a Relacionamentos

Agregação Espacial

R8. Agregação espacial. Seja $P = \{P_0, P_1, \dots, P_n\}$ um conjunto de geo-objetos. Então P forma outro objeto, W , por agregação espacial se e somente se:

1. $P_i \cap W = P_i$ para todo i tal que $0 \leq i \leq n$, e

2. $\left(W \cap \bigcup_{i=0}^n P_i\right) = W$, e

3. $((P_i \text{ toca } P_j) \vee (P_i \text{ disjunto } P_j)) = V$ para todo i, j tais que $i \neq j$.

Cada parte deve estar inteiramente contida no todo, e o todo deve ser inteiramente coberto pelas partes

Clodoveu Davis

Restrições Geométricas

R9. Linhas. Sejam v_0, v_1, \dots, v_{n-1} n pontos no plano. Sejam $s_0 = v_0v_1, s_1 = v_1v_2, \dots, s_{n-2} = v_{n-2}v_{n-1}$ uma seqüência de $n - 1$ segmentos, conectando estes pontos. Estes segmentos formam uma *linha poligonal* L se, e somente se, (1) a interseção de segmentos consecutivos é apenas o ponto extremo compartilhado por eles (i.e., $s_i \cap s_{i+1} = v_{i+1}$), (2) segmentos não consecutivos não se interceptam (i.e., $s_i \cap s_j = \emptyset$ para todo i, j tais que $j \neq i + 1$), e (3) $v_0 \neq v_{n-1}$, ou seja, a linha poligonal não é fechada.

Linhas são poligonais simples, ou seja, sem auto-interseções

Clodoveu Davis

Restrições Geométricas

R10. Polígonos simples. Sejam v_0, v_1, \dots, v_{n-1} n pontos no plano, sendo $n > 3$. Sejam $s_0 = \overline{v_0v_1}$, $s_1 = \overline{v_1v_2}$, $\dots, s_{n-2} = \overline{v_{n-2}v_{n-1}}$ uma sequência de $n - 1$ segmentos, conectando estes pontos. Estes segmentos formam um *polígono simples* P se, e somente se, (1) a interseção de segmentos consecutivos é apenas o ponto extremo compartilhado por eles (i.e., $s_i \cap s_{i+1} = v_{i+1}$), (2) segmentos não consecutivos não se interceptam (i.e., $s_i \cap s_j = \emptyset$ para todo i, j tais que $j \neq i + 1$), e (3) $v_0 = v_{n-1}$, ou seja, o polígono é fechado.

Polígonos são linhas fechadas

Clodoveu Davis

Restrições Geométricas

R11. Regiões poligonais. Seja $R = \{P_0, P_1, \dots, P_{n-1}\}$ um conjunto formado por n polígonos simples no plano, sendo $n > 1$. Considerando que P_0 é o polígono básico, R compõe uma região poligonal se e somente se (1) $P_i \cap P_j = \emptyset$, para todo $i \neq j$, (2) o polígono P_0 tem seus vértices codificados no sentido anti-horário, (3) P_i *disjunto* P_j (restrição R10) para todo $P_i \neq P_0$ cujos vértices estiverem codificados em sentido anti-horário, e (4) P_0 *contém* P_i (restrição R13) para todo $P_i \neq P_0$ cujos vértices estiverem codificados em sentido horário.

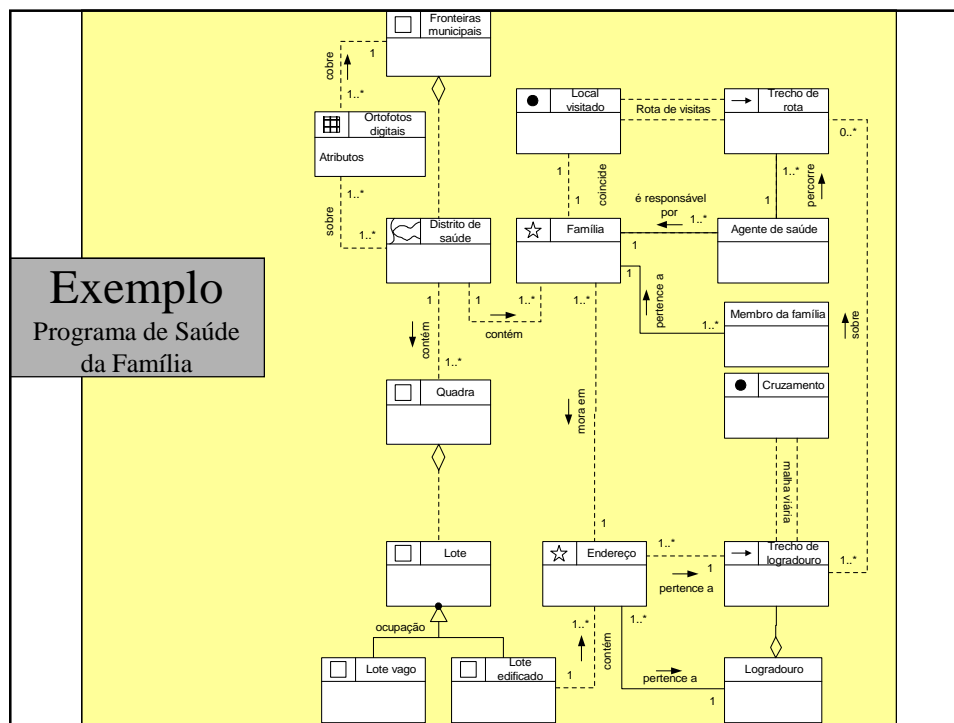
Regiões poligonais são polígonos com ilhas e buracos

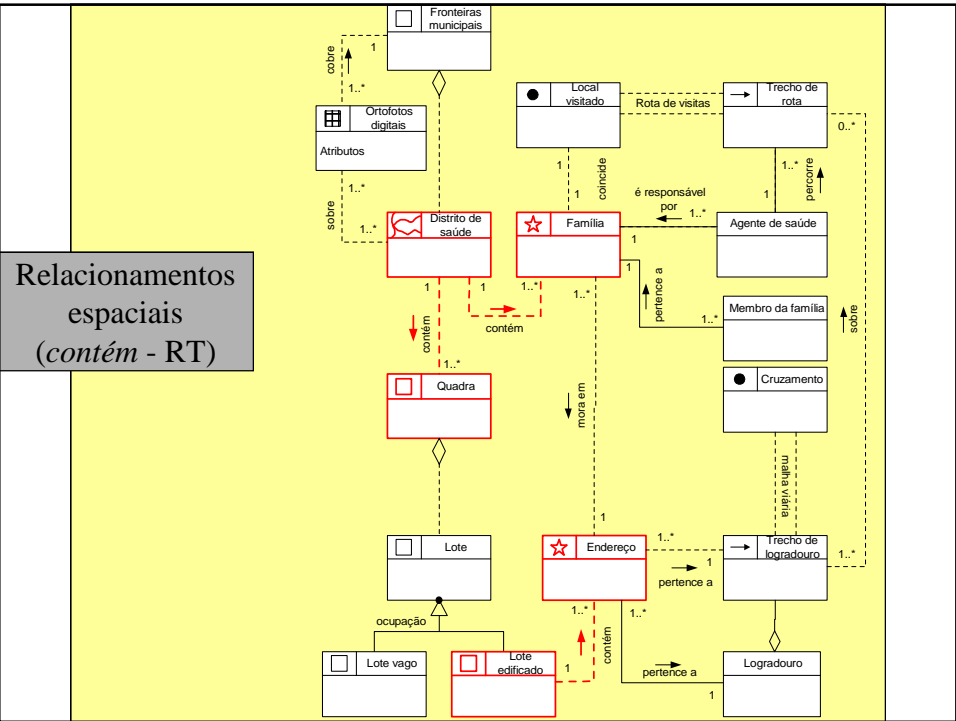
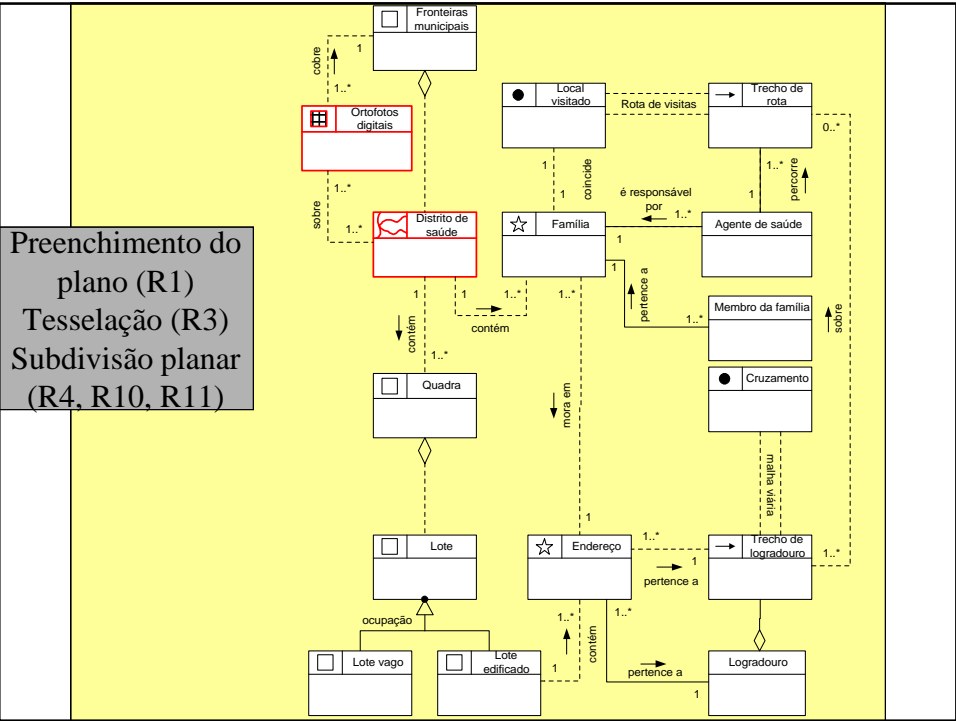
Clodoveu Davis

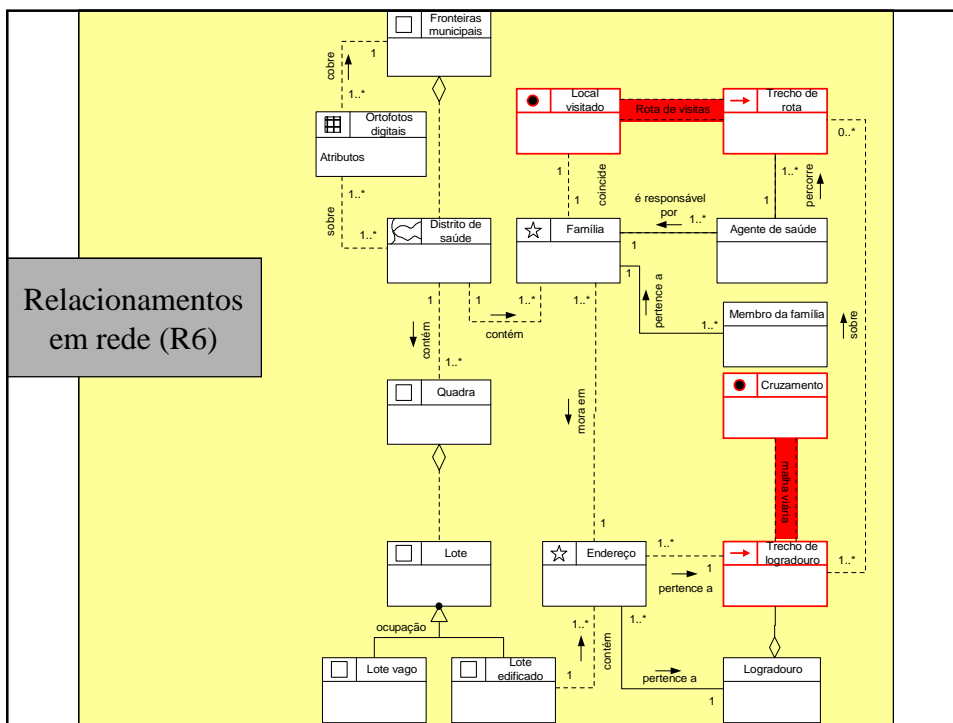
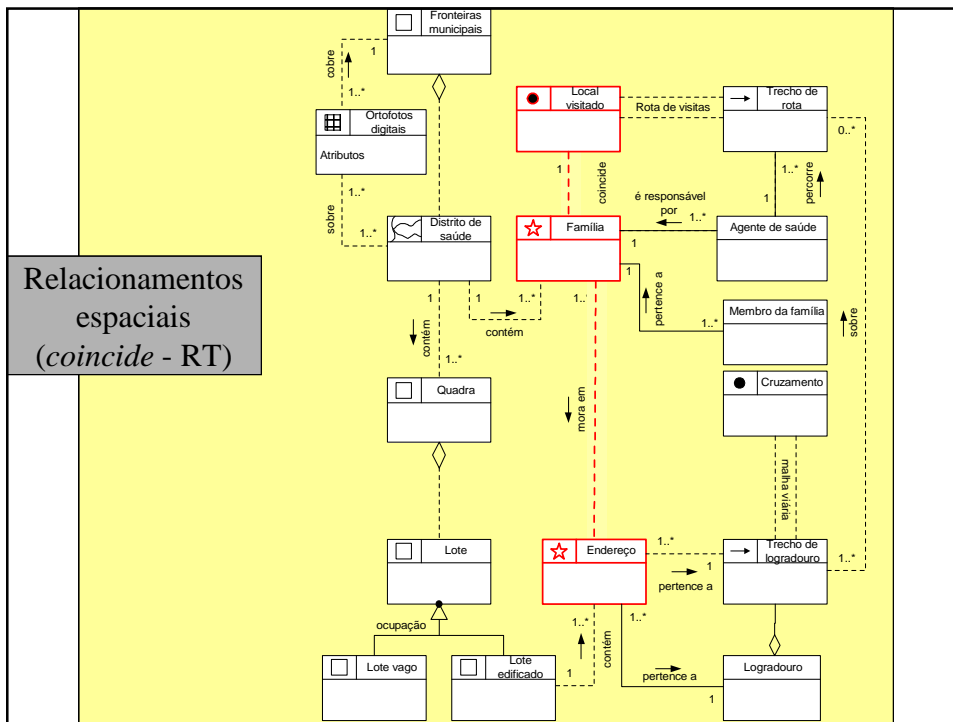
Restrições de integridade espaciais

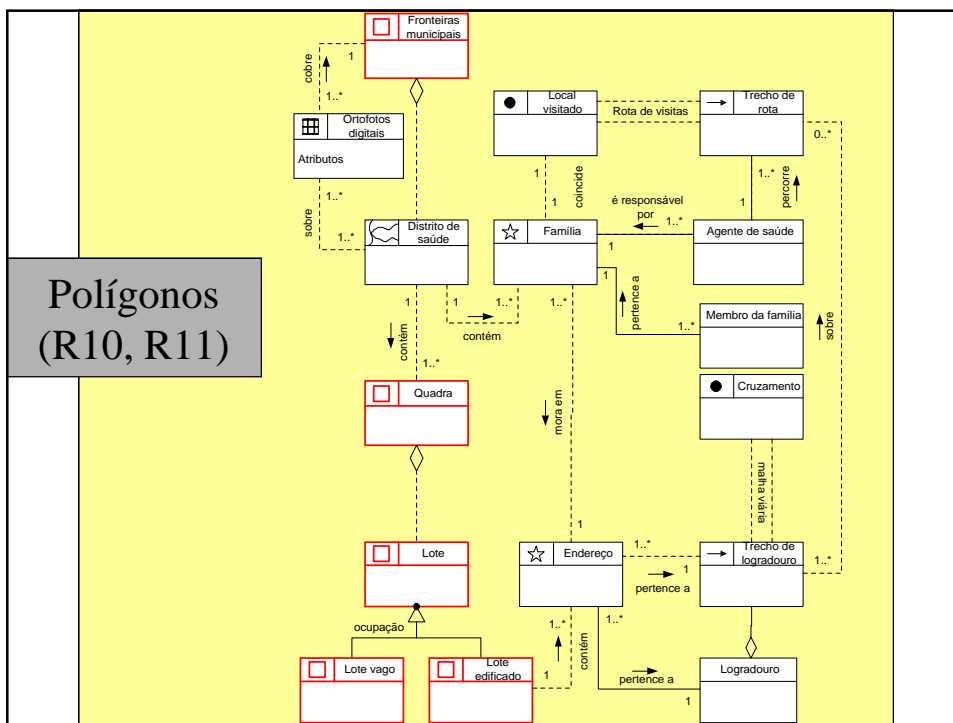
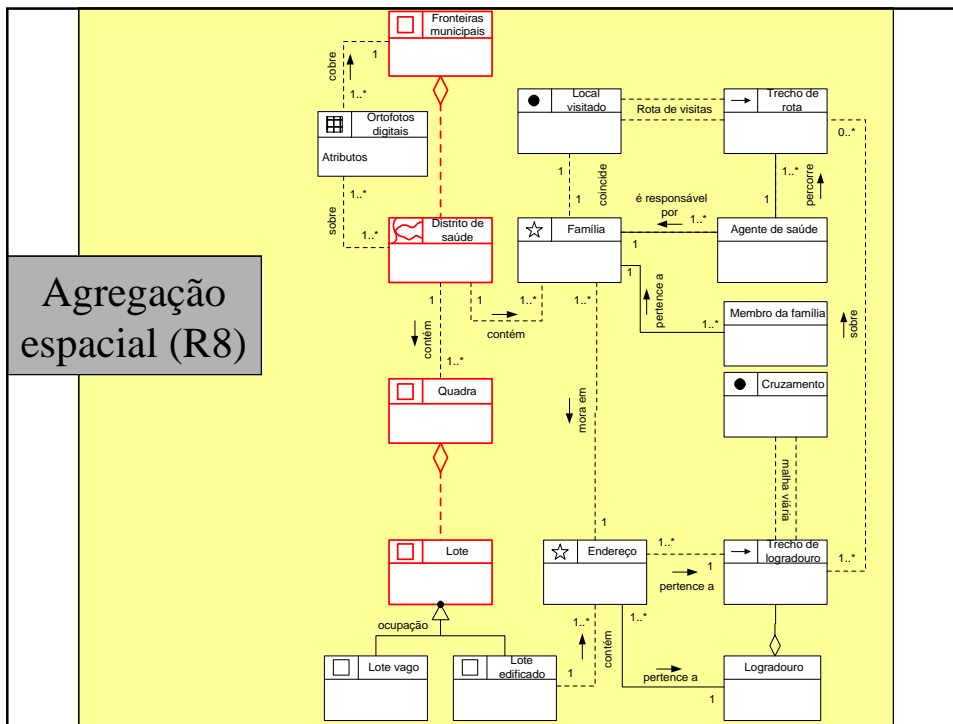
R1	Preenchimento do plano
R2	Isolinhas
R3	Tesselação
R4	Subdivisão planar
R5	Malha triangular irregular
R6	Estrutura arco-nó
R7	Estrutura arco-arco
R8	Agregação espacial
R9	Linhas
R10	Polígonos simples
R11	Regiões poligonais
RT	Topológicas

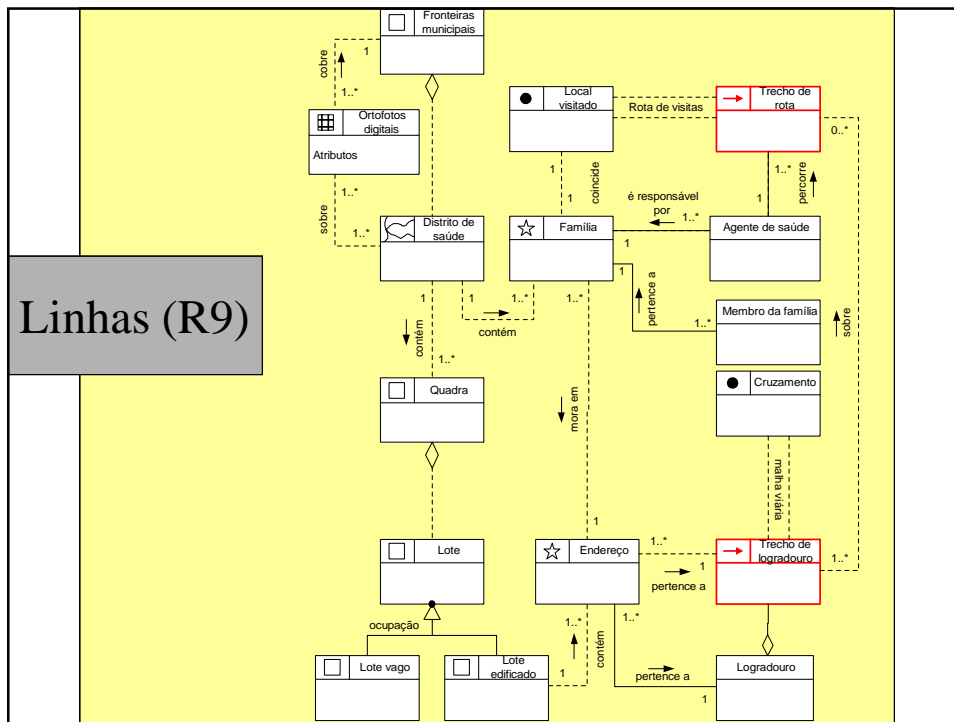
Clodoveu Davis











Outras restrições

- Trechos de logradouro não podem cruzar quadras (restrição de integridade semântica)
- Lotes não edificados não podem conter endereços (restrição definida pelo usuário)

Clodoveu Davis

Resumo final

- Projeto lógico =
 - Diagrama objeto-relacional
 - Representações geográficas simplificadas e restrições de integridade referenciais
 - Quadro de restrições de integridade convencionais
 - Lista de restrições de integridade espaciais a implementar
 - Lista de métodos a implementar, a partir das classes do OMT-G e do diagrama de transformação
 - Diagramas de apresentação

Clodoveu Davis

Leitura adicional

- BORGES, Karla Albuquerque de Vasconcelos ; DAVIS JUNIOR, C. A. ; LAENDER, Alberto Henrique Frade . Modelagem Conceitual de Dados Geográficos. In: Marco Antônio Casanova; Gilberto Câmara; Clodoveu Augusto Davis Junior; Lúbia Vinhas; Gilberto Ribeiro de Queiroz. (Org.). Bancos de Dados Geográficos. Curitiba (PR): EspaçoGeo, 2005, v. único, p. 93-146.
- DAVIS JUNIOR, C. A. ; BORGES, Karla Albuquerque de Vasconcelos ; LAENDER, Alberto Henrique Frade . Deriving Spatial Integrity Constraints from Geographic Application Schemas. In: Laura C. Rivero; Jorge H. Doorn; Viviana E. Ferraggine. (Org.). Encyclopedia of Database Technologies and Applications. Hershey, Pennsylvania: Idea Group Publishing, 2005, v. único, p. 176-183.
- BORGES, Karla Albuquerque de Vasconcelos ; LAENDER, Alberto Henrique Frade ; DAVIS JUNIOR, C. A. . Spatial data integrity constraints in object-oriented geographic data modeling. In: 7th International Symposium on Advances in Geographic Information Systems (ACM GIS 99), 1999, Kansas City. Proceedings, 1999. p. 1-6.

Clodoveu Davis

Clodoveu Davis