

# MODELAGEM CONCEITUAL DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS

**Bruno Rabello Monteiro**  
**Clodoveu A. Davis Jr.**



**UFOP**

Universidade Federal  
de Ouro Preto

**ICEA**



Instituto de Ciências Exatas e  
Aplicadas - Campus João Monlevade

UF *m* G



UFMG - ICEx  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA  
COMPUTAÇÃO

# SUMÁRIO

## ○ Introdução

- Quem se interessa por Banco de Dados Geográficos (BDG)?
- Noções de Geoinformática
- Conceitos: SIG e BDG

## ○ Projeto Conceitual de Banco de Dados Geográficos

- Exemplo – Cadastro Urbano
- Modelo OMT-G

# QUEM SE INTERESSA POR BDG?

## ○ Forças armadas

- *“As tropas inimigas fizeram algum movimento na última noite?”*

## ○ Seguradoras

- *“Quais casas, do município, estão mais prováveis de serem atingidas pela próxima enchente?”*

## ○ Usuários de dispositivos móveis

- *“Existe alguma farmácia no trajeto para casa?”*
- *“Qual o posto de gasolina mais próximo?”*



# QUEM SE INTERESSA POR BDG?

## ○ Astronomia

- *“Liste todas as galáxias distantes 10 anos-luz da Terra”*

## ○ Transportes

- *“Qual a melhor maneira de duplicar a BR-381 para minimizar o número de acidentes?”*

## ○ Serviços de Emergência

- *“Qual a localização da chamada de socorro?”*
- *“Qual a melhor rota para chegar até lá?”*



# QUEM SE INTERESSA POR BDG?

## ○ Agricultura

- *“Qual a melhor maneira de repartir as terras para o MST?”*

## ○ Esportes

- *“Qual a melhor localização para um novo estádio de futebol do estado de MG?”*



# NOÇÕES DE GEOINFORMÁTICA

- Capacidade de referenciar posições geográficas é fundamental para os Sistemas de Informação Geográficas (SIGs)
- Uma vantagem é poder utilizar a localização como denominador comum entre banco de dados distintos
- Dados mal posicionados podem quebrar a confiança dos usuários e levar ao erro na análise dos dados

# NOÇÕES DE GEOINFORMÁTICA: LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

## ○ Posicionamento relativo

- Objetos existentes (pontos de referência - *landmarks*)
- Posições previamente registradas (ex.: navegação inercial)
- Em um sistema de endereçamento (ex.: endereços postais, CEPs, etc.)
- Em uma grade de coordenadas (ex.: Atlas)

## ○ Posicionamento absoluto

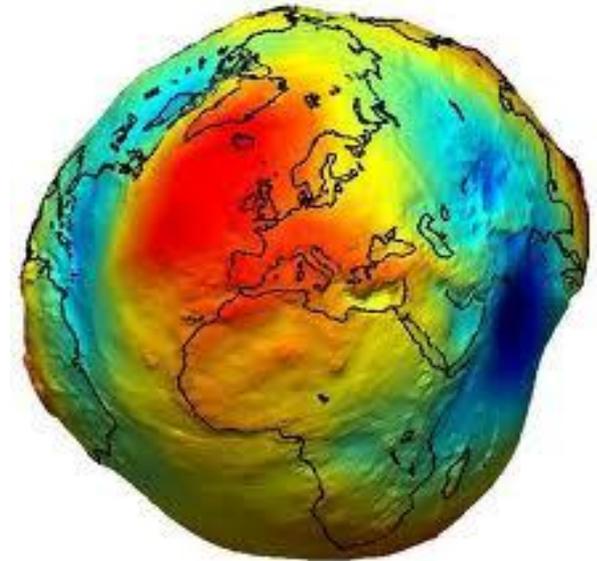
- Coordenadas geográficas

# NOÇÕES DE GEOINFORMÁTICA

- Existem alguns sistemas de posicionamento, mas o principal é o de coordenadas geográficas
  - Latitude e longitude
- Atualmente
  - Medição mais fácil e precisa utiliza o GPS
  - Outros concorrentes ao GPS já estão em desenvolvimento
    - IOV (europeu)
    - GLONASS (russo)
    - BeiDou (chinês)

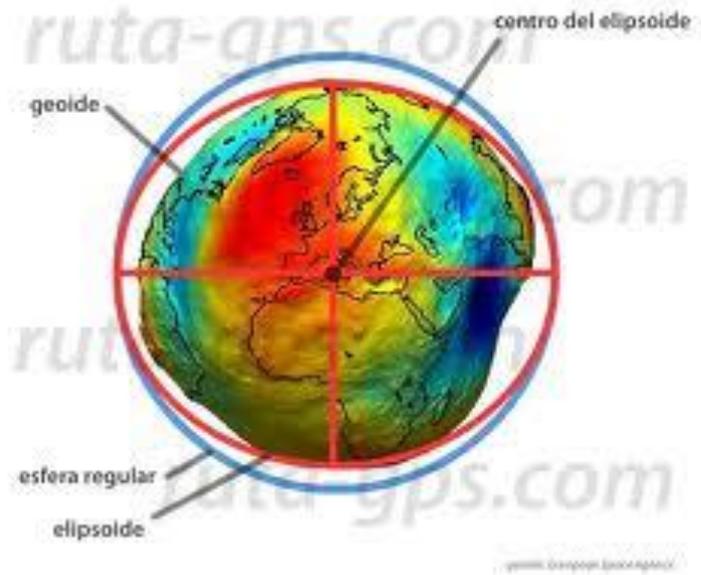
# NOÇÕES DE GEOINFORMÁTICA: FORMA DA TERRA

- A posição geográfica está relacionada ao formato da Terra
  - Formato de um elipsoide irregular:  
*geoide*
  - Para ter maior precisão
    - Eliminar a hipótese de esfericidade da Terra
  - Forma que melhor se ajusta
    - Elipsoide
- Distribuição de massa é irregular
  - Aproximar o geoide não é apenas um problema geométrico



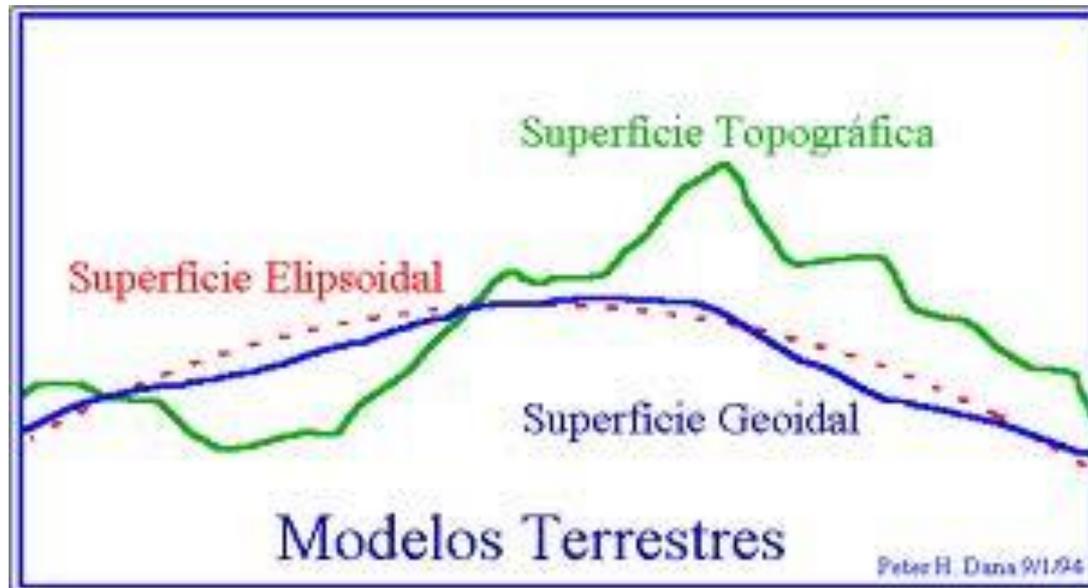
# NOÇÕES DE GEOINFORMÁTICA: SISTEMAS DE REFERÊNCIA

- Elipsoidal
  - Não possui correspondência direta com o planeta
  - Modelável matematicamente
- Geoidal
  - Não modelável matematicamente
  - Determina correlações reais entre pontos da superfície



# NOÇÕES DE GEOINFORMÁTICA: SISTEMAS DE REFERÊNCIA

- Sistema Misto
  - Utiliza elipsoides
  - ‘Amarra’ o elipsoide ao geóide em pontos conhecidos
    - Chamados *datums (data) geodésicos*



# NOÇÕES DE GEOINFORMÁTICA: REPRESENTAÇÕES DO MUNDO

- Mapas e cartas
- Fotografias aéreas (aerofotogrametria)
- Imagens de sensoriamento remoto
- Desenhos artísticos
- Descrições textuais
- Tabelas (bancos de dados)
- Fotografias comuns

# NOÇÕES DE GEOINFORMÁTICA: MAPA FÍSICO DO BRASIL

<http://www.ezilon.com/maps/images/southamerica/Brazil-physical-map.gif>



# NOÇÕES DE GEOINFORMÁTICA: MAPA TURQUIA



<http://www.geographicguide.net/europe/maps-europe/maps/turkey-map.jpg>

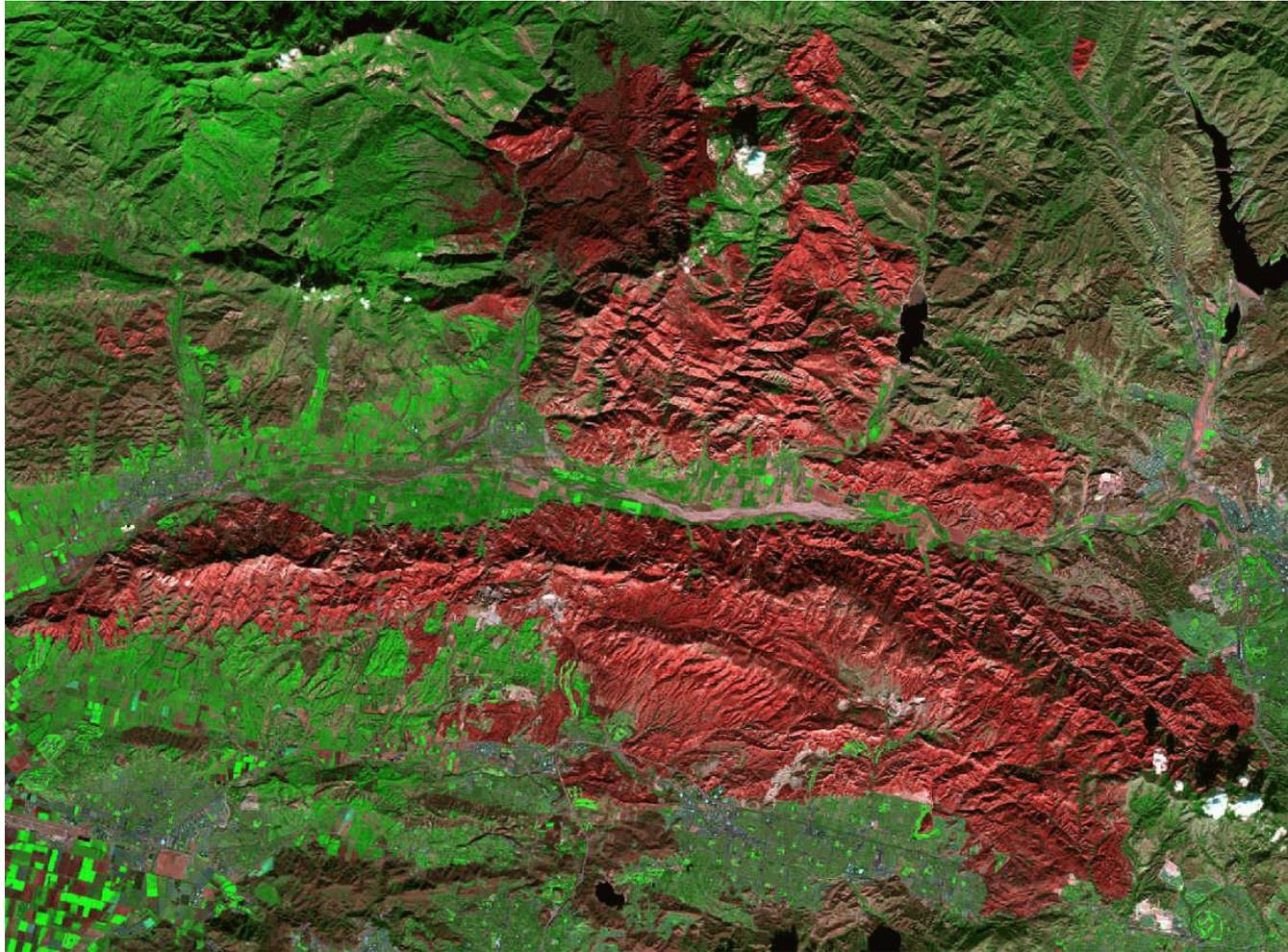


# NOÇÕES DE GEOINFORMÁTICA: AEROFOTOGRAMETRIA DE SOROCABA



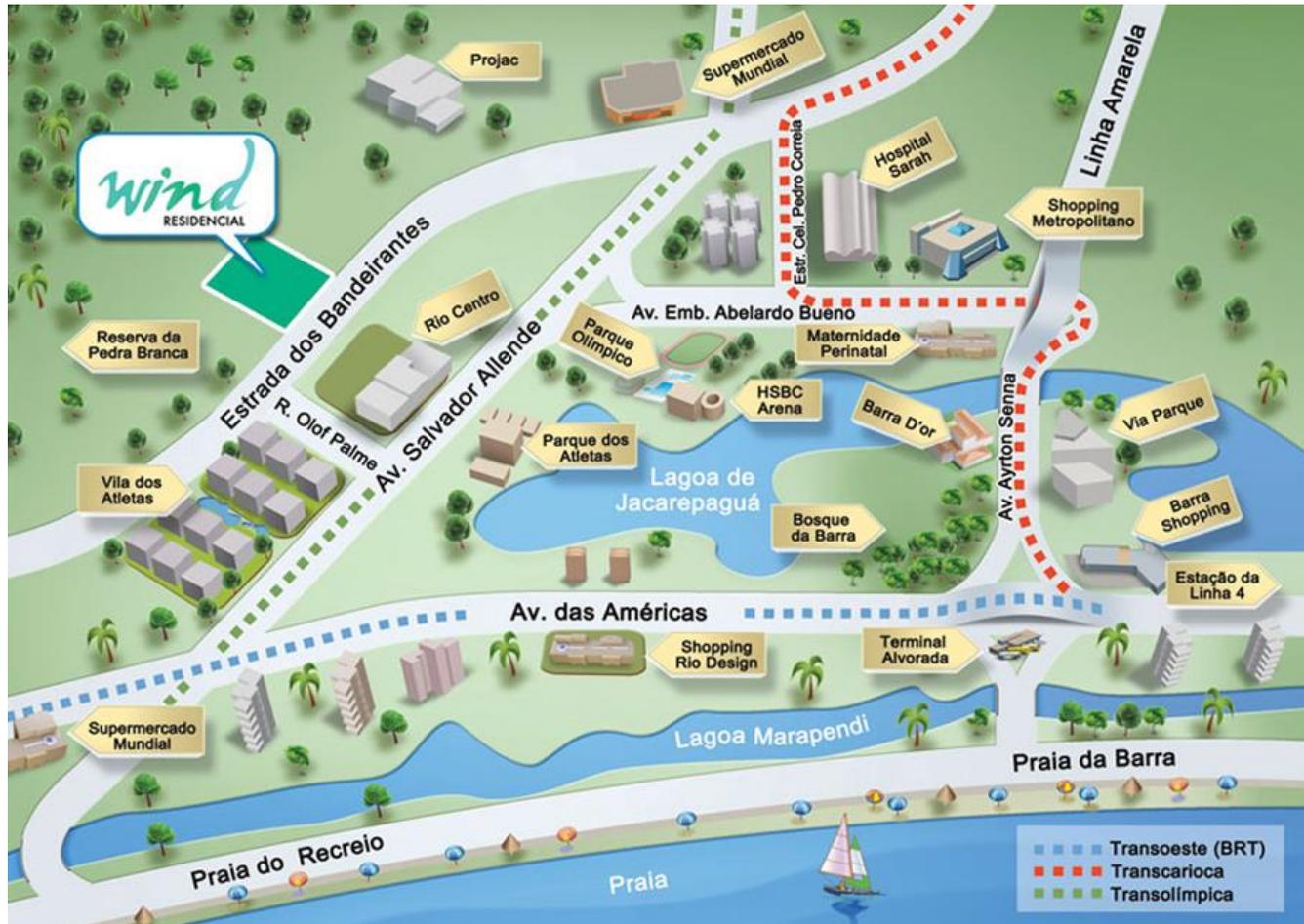
[http://www.geourbe.com.br/adm/motor/resources/classes/imagem/img.php?\\_a=aerofotogrametria\\_caso2.jpg](http://www.geourbe.com.br/adm/motor/resources/classes/imagem/img.php?_a=aerofotogrametria_caso2.jpg)

# NOÇÕES DE GEOINFORMÁTICA: IMAGEM DE SATÉLITE



[http://www.directionsmag.com/images/articles/CA\\_wildfires\\_leica/simi\\_piru\\_landsat5.gif](http://www.directionsmag.com/images/articles/CA_wildfires_leica/simi_piru_landsat5.gif)

# NOÇÕES DE GEOINFORMÁTICA: CROQUI DE LOCALIZAÇÃO



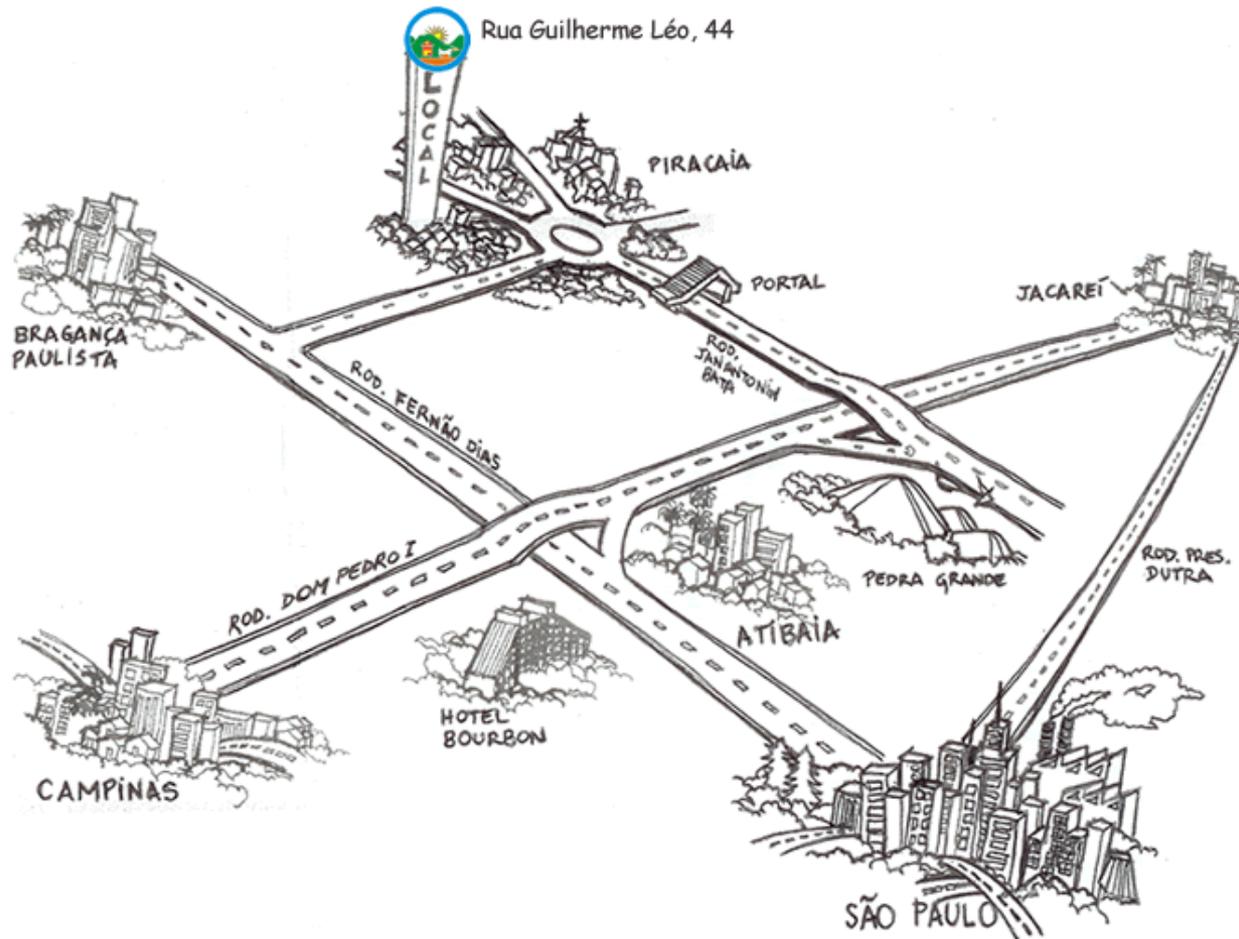
[http://www.orealizacoes.com.br/arq/hom/77/pt-BR/img/croquis\\_localizacao700x732.jpg](http://www.orealizacoes.com.br/arq/hom/77/pt-BR/img/croquis_localizacao700x732.jpg)

# NOÇÕES DE GEOINFORMÁTICA: LINHAS METRÔ MÉXICO



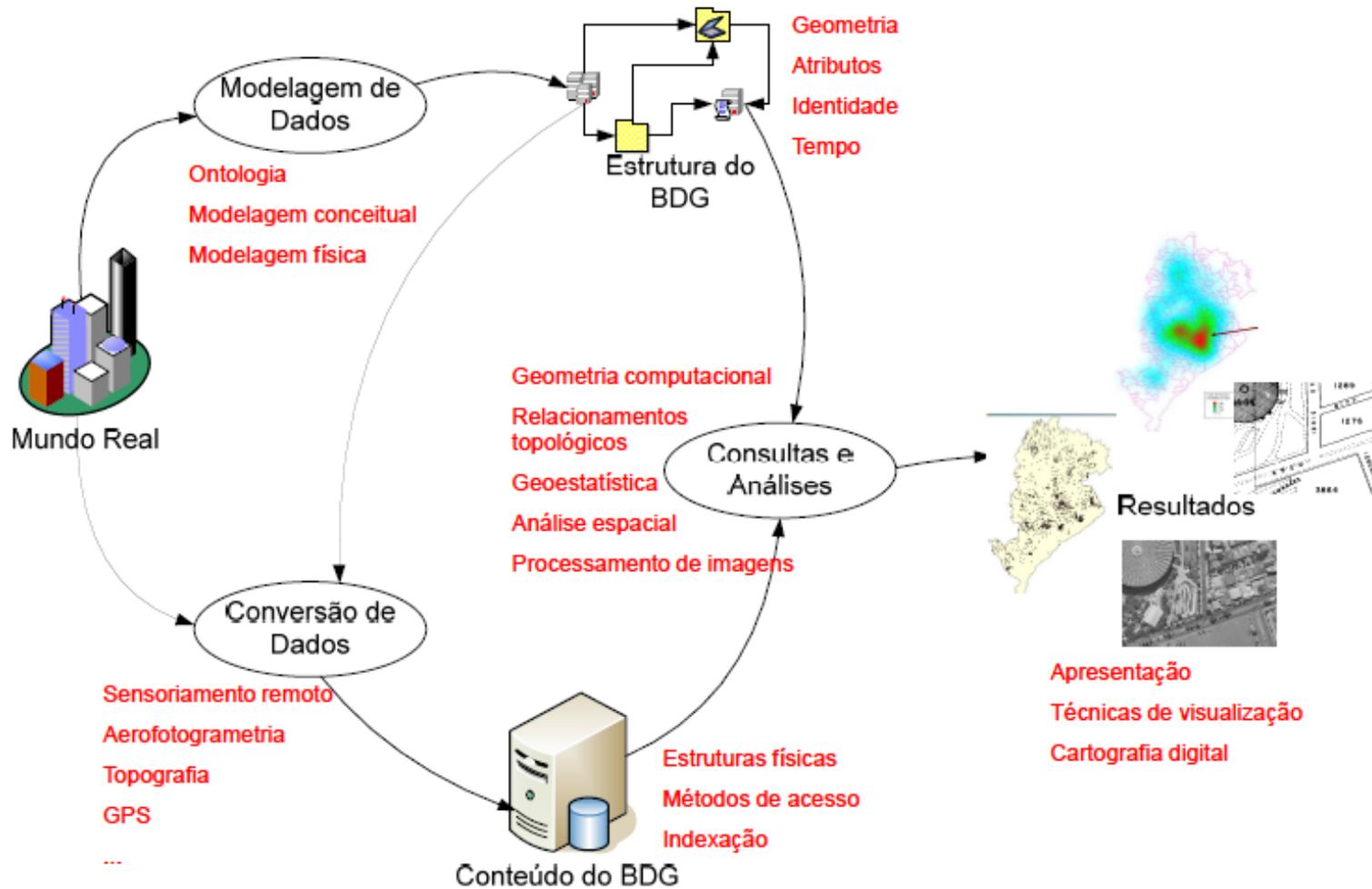
<http://mexico-on-line.com/mexico-city-maps/mexico-city-metro-subway-map.gif>

# NOÇÕES DE GEOINFORMÁTICA: DESENHOS



[http://www.victoryannas.com.br/imagens/Vic\\_como\\_chegar.gif](http://www.victoryannas.com.br/imagens/Vic_como_chegar.gif)

# PROCESSO DE PROJETO DE BDG



# TIPOS DE DADOS E MODELOS GEOGRÁFICOS

- Dados geográficos existem em 3 formas básicas
  - **Dados de mapa**
    - Incluem diversos recursos geográficos de objetos (pontos, linhas e polígonos)
  - **Dados de atributo**
    - Correspondem à dados descritivos que os sistemas SIG associam à *recursos de mapa*
  - **Dados de imagem**
    - Incluem dados como imagens de satélite e fotografias aéreas

# TIPOS DE DADOS E MODELOS GEOGRÁFICOS

- Modelos de informação geográficos são agrupados em duas categorias principais:
  - **Campo:** Utilizados para modelar dados espaciais que são contínuos em natureza (elevação do terreno, temperatura, variação do solo, etc.)
  - **Objeto:** São usados para aplicações que possuam atributos espaciais e não espaciais e que sejam discretos por natureza

# REPRESENTAÇÃO E APRESENTAÇÃO

## ○ **Representação**

- Codificação da geometria de objetos espaciais
- Lida com aspectos como: Resolução, Dimensão espacial, Nível de detalhamento, Comportamento geométrico

## ○ **Apresentação**

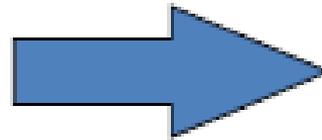
- Lida com os aspectos visuais adequado para comunicar o significado dos dados geográficos
- Entre os aspectos envolvidos estão: Visualização e Aparência gráfica

# REPRESENTAÇÃO E APRESENTAÇÃO

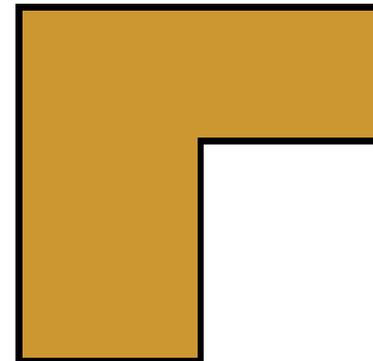
- **Diferença entre Representação e Apresentação**

**Representação**

x	y
0	0
4	0
4	5
9	5
9	8
0	8
0	0



**Apresentação**



# ALTERNATIVAS DE REPRESENTAÇÃO

- Escolher uma representação para um elemento do mundo real envolve:
  - Discretização
    - Simplificação da geometria do objeto para incorporação em um sistema informatizado
  - Amostragem
    - Transformação de grandezas do mundo real em valores que possam ser armazenados

# ALTERNATIVAS DE REPRESENTAÇÃO

- Ponto



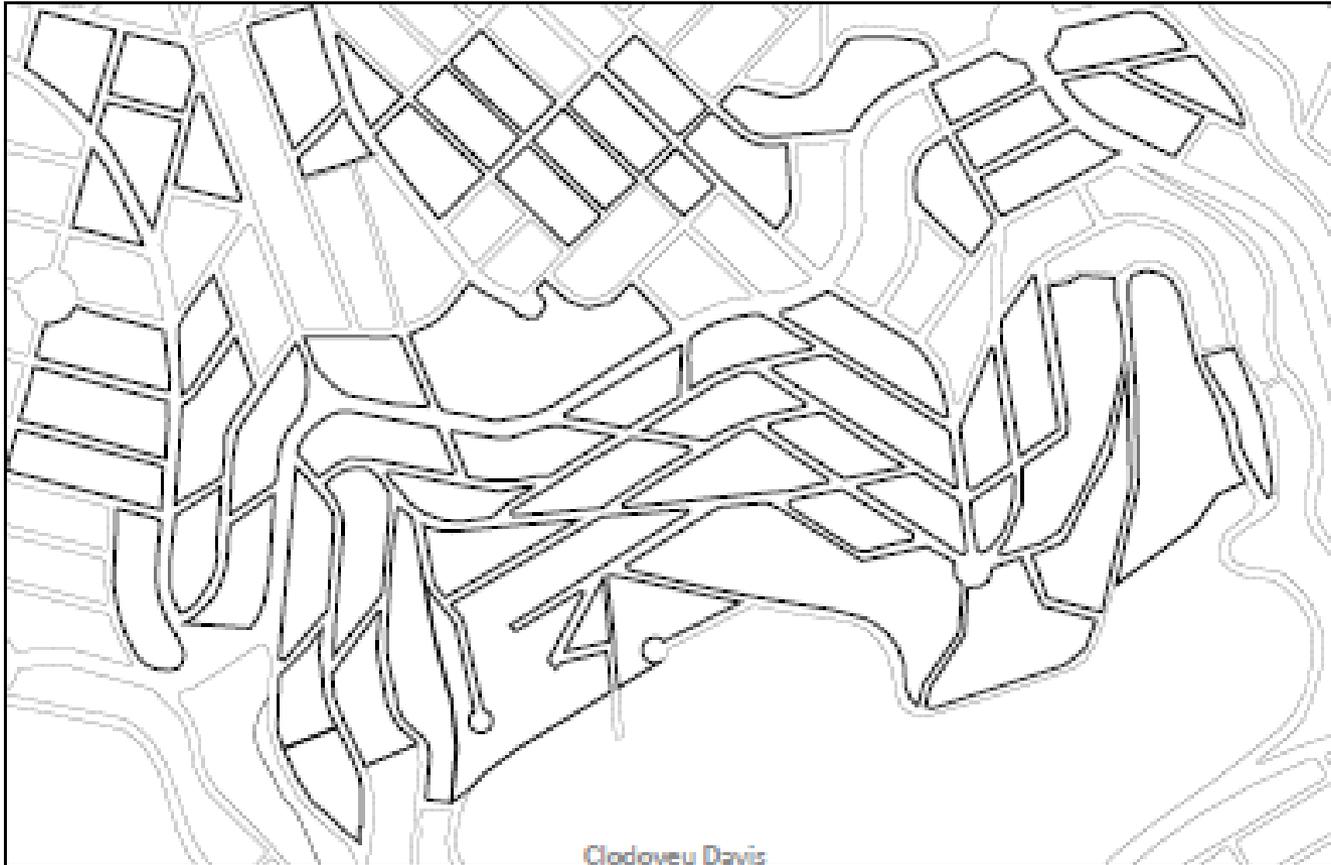
# ALTERNATIVAS DE REPRESENTAÇÃO

## ○ Linha



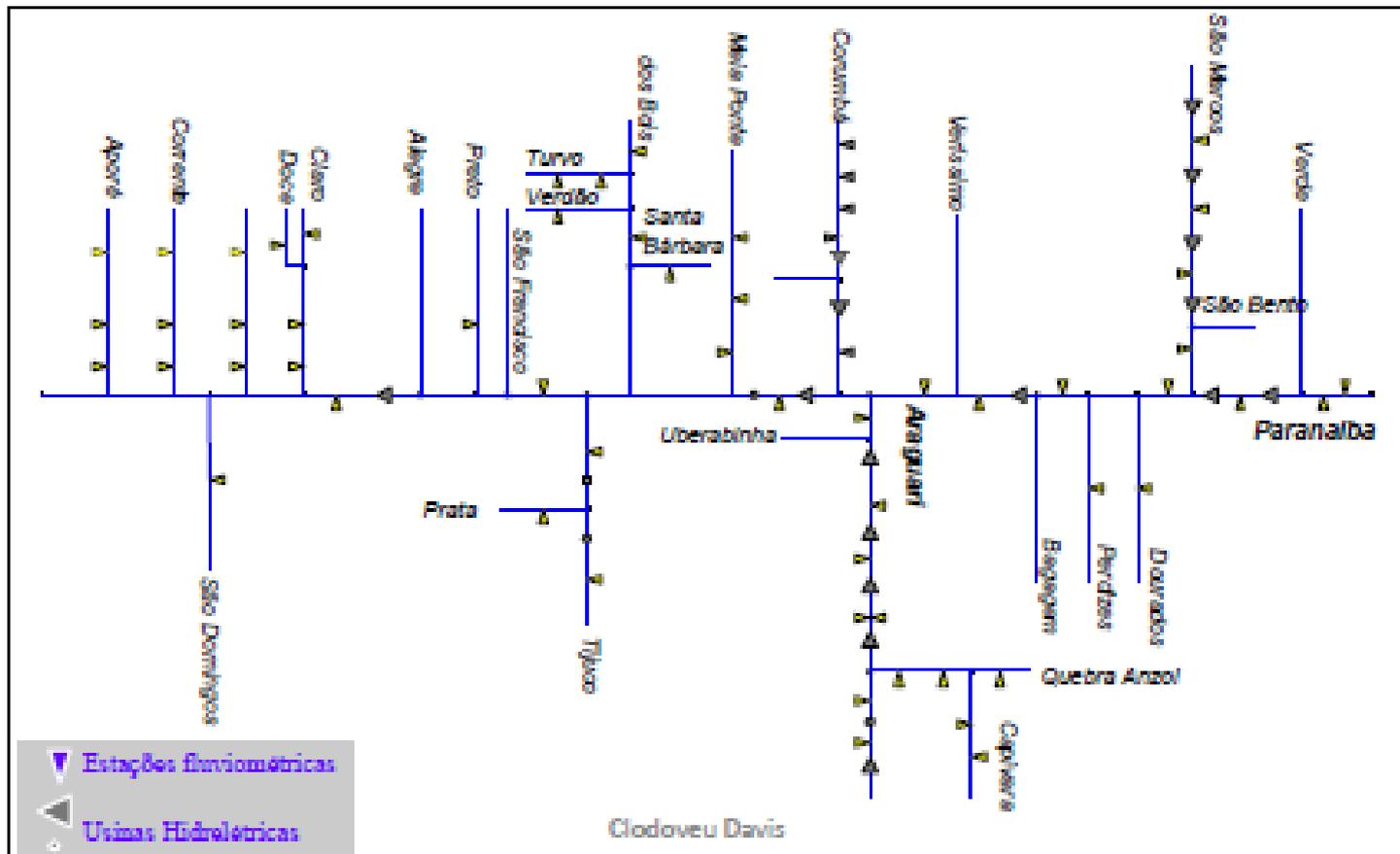
# ALTERNATIVAS DE REPRESENTAÇÃO

## ○ Polígono



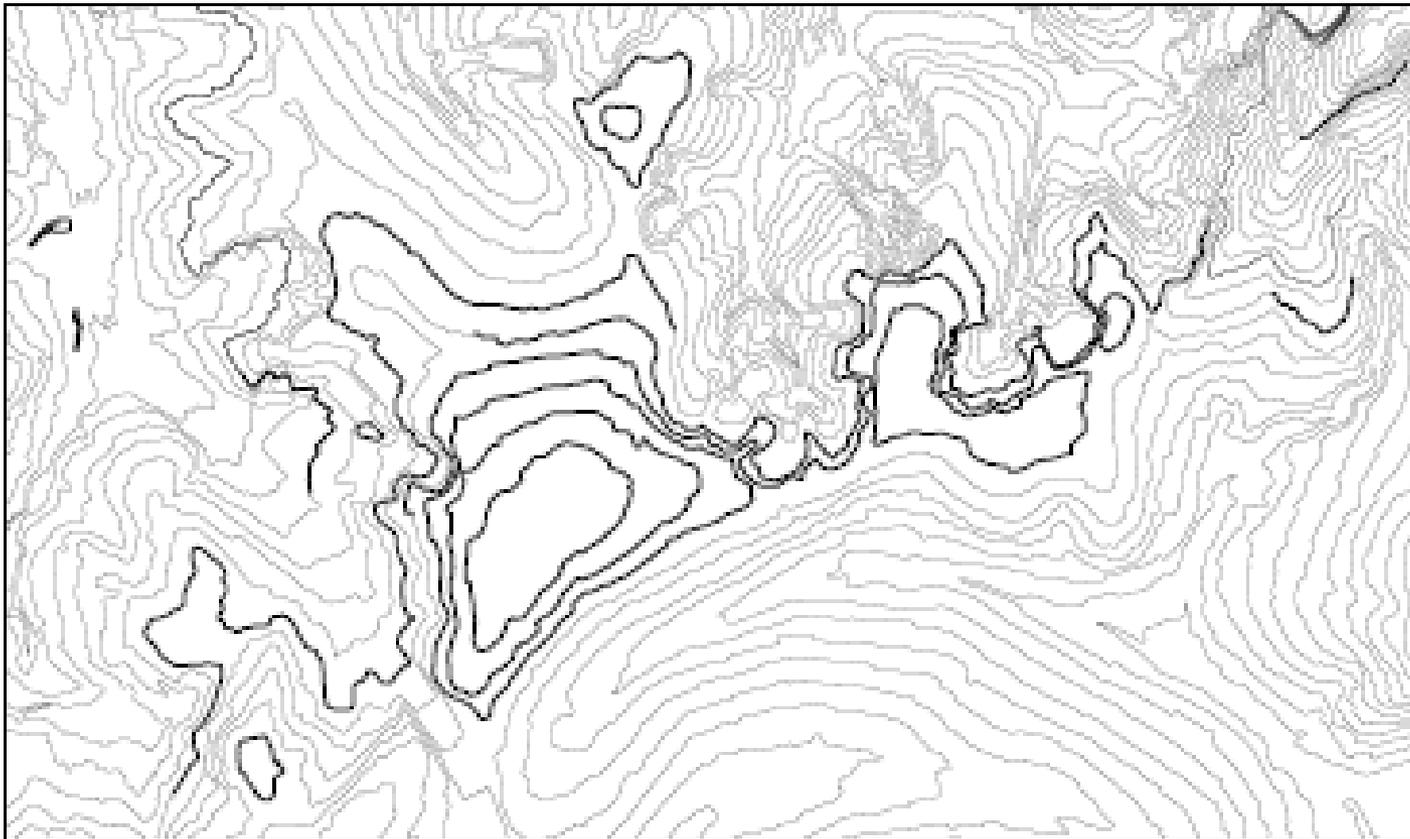
# ALTERNATIVAS DE REPRESENTAÇÃO

- **Nó de Rede, Arcos Direcionais e Bidirecionais**



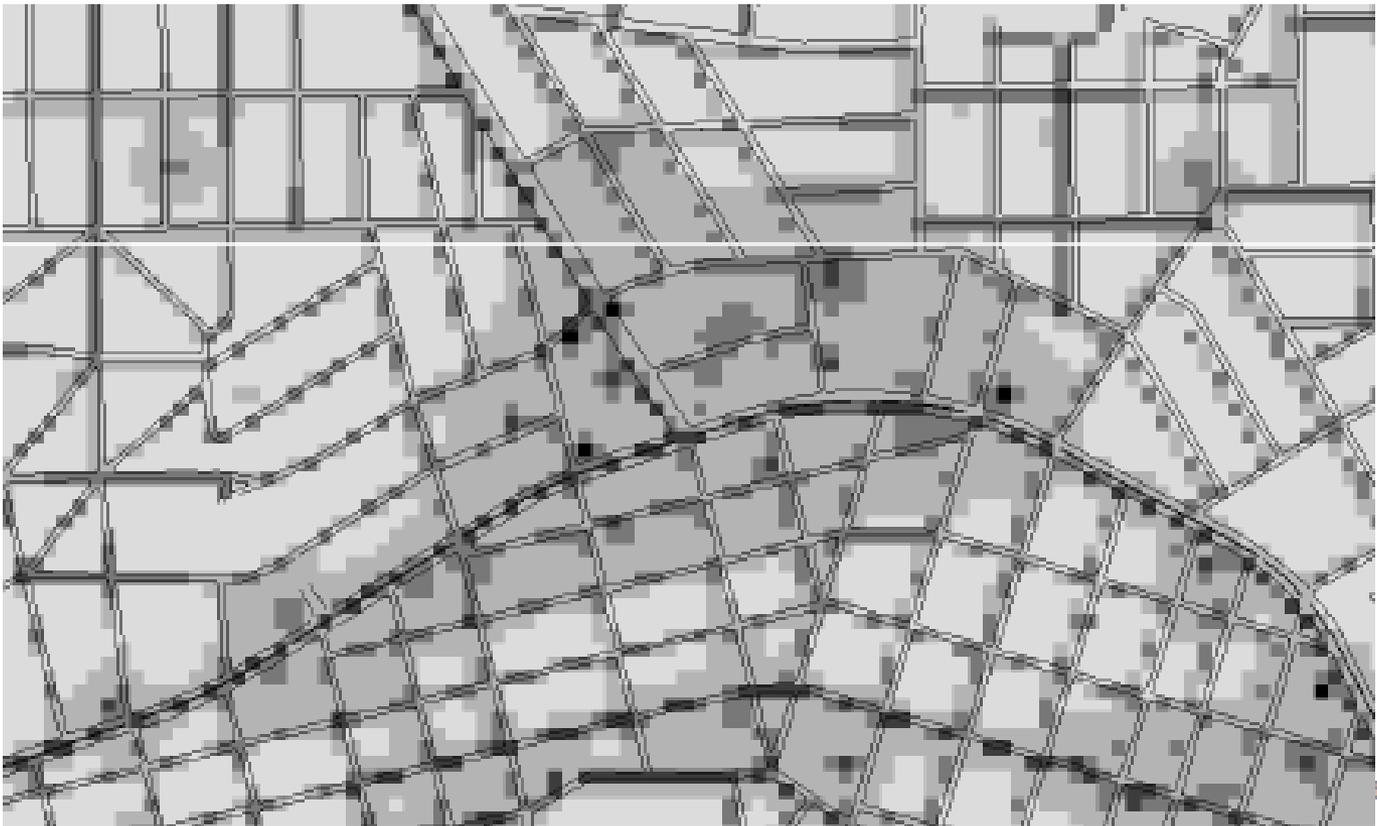
# ALTERNATIVAS DE REPRESENTAÇÃO

## ○ Isolinhas



# ALTERNATIVAS DE REPRESENTAÇÃO

- **Tesselação**



# ALTERNATIVAS DE REPRESENTAÇÃO

## ○ Amostras



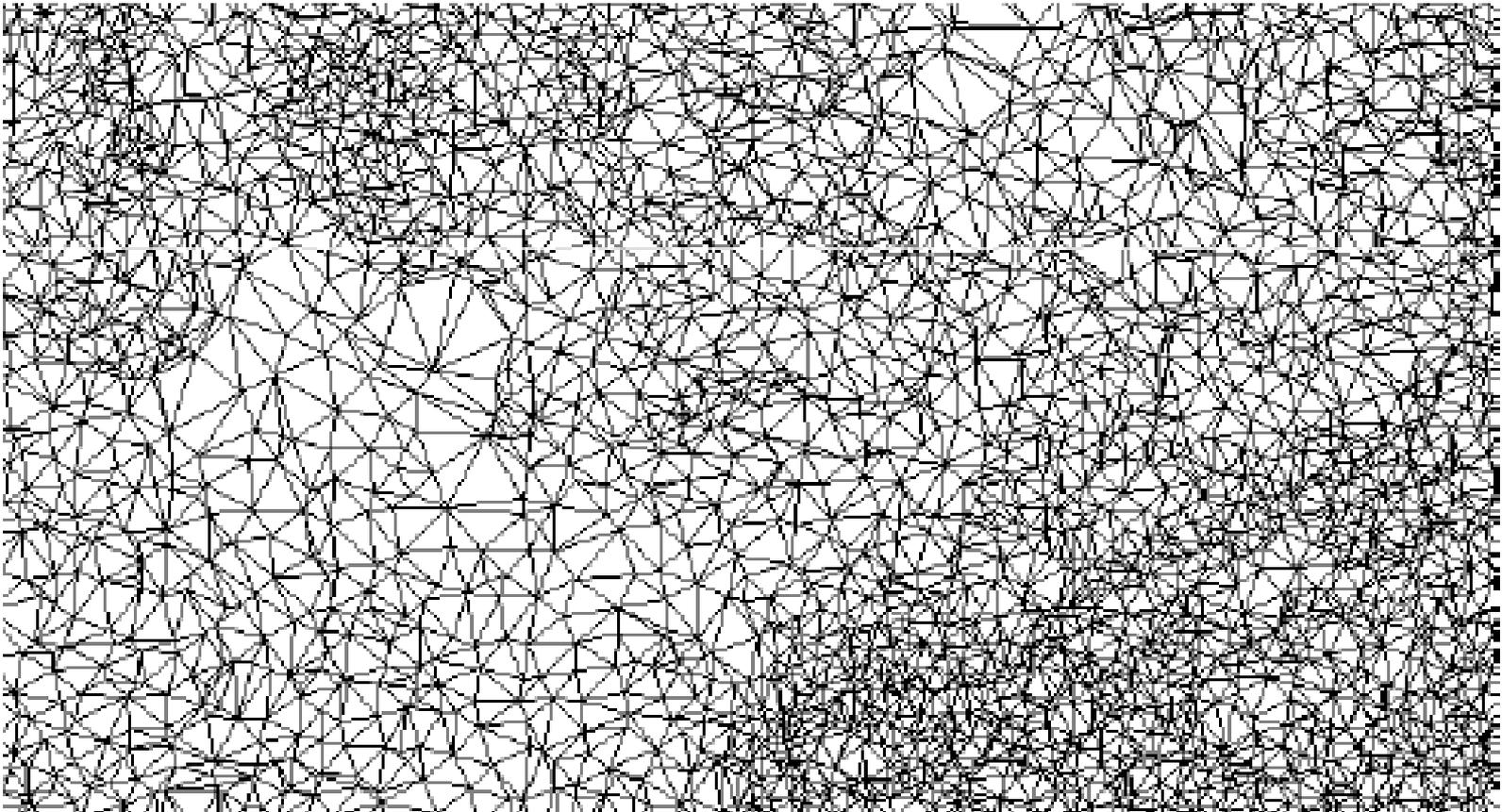
# ALTERNATIVAS DE REPRESENTAÇÃO

- **Subdivisão Planar**



# ALTERNATIVAS DE REPRESENTAÇÃO

- **TIN - Rede Triangular Irregular**



# MODELO DE DADOS

- Conjuntos de conceitos utilizados para realizar a abstração do mundo real em estruturas e operações do BD
- Tem por objetivo obter uma representação conveniente do mundo real
  - Ex: Modelo Entidade-Relacionamento (ER), Modelo Relacional, etc.
- Para banco de dados geográficos
  - Ex.: GeoOOA, MODUL-R, GMOD, GISER, UML GeoFrame, OMT-G, etc.

# PROJETO DE BDG: MODELAGEM CONCEITUAL DE DADOS

- Várias técnicas, a maioria voltada para banco de dados relacionais
- Modelo OMT-G
  - Recursos para modelar bancos de dados geográficos (e também funcionalidades de um SIG)
    - Inclui classes de objetos, relacionamentos convencionais e espaciais e restrições de integridades

# MODELAGEM CONCEITUAL DE DADOS

## – EXEMPLO CADASTRO URBANO

- Considere a especificação de requisitos para um sistema de cadastro urbano (cadastro técnico multifinalitário), destinado a coletar e manter dados sobre o parcelamento do solo em um município, de modo a apoiar as ações da prefeitura em áreas como tributação, regulação de atividades urbanas, saneamento, infraestrutura, equipamentos urbanos e outras.

# MODELAGEM CONCEITUAL DE DADOS

## – EXEMPLO CADASTRO URBANO

1. O município tem seu território totalmente dividido em setores cadastrais, numerados sequencialmente, na ordem em que se deu sua criação ou desdobramento na evolução da cidade.
2. Cada setor contém uma certa quantidade de quadras. Foi estabelecido que uma quadra pertence sempre a apenas um setor. As quadras são identificadas com números sequenciais de 5 dígitos, precedidos do número do setor (2 dígitos).

# MODELAGEM CONCEITUAL DE DADOS

## – EXEMPLO CADASTRO URBANO

3. Cada quadra é dividida em lotes (no mínimo 1 lote em cada quadra). Toda a área ocupada pela quadra é integralmente dividida entre seus lotes. Os lotes são numerados, dentro da quadra.
4. A cidade é dividida em um número indeterminado de zonas de uso do solo. Essas zonas são delimitadas sobre o mapa da cidade. É necessário saber a que zona uma quadra ou um lote pertencem. É permitido que uma quadra pertença a mais de uma zona de uso, mas cada lote pode pertencer a apenas uma zona.

# MODELAGEM CONCEITUAL DE DADOS

## – EXEMPLO CADASTRO URBANO

5. Os lotes podem conter edificações ou não. Para lotes edificadas, é necessário registrar, em associação ao lote, a área total construída nele, de modo a determinar o coeficiente de aproveitamento real. No caso de lotes não edificadas, registra-se se o mesmo possui muro, passeio e meio-fio construídos de acordo com o código de posturas.
6. Lotes edificadas estão associados a um ou mais endereços postais. Lotes não edificadas não possuem endereço. Ambos os tipos de lotes estão associados ao segmento do logradouro para o qual possuem frente. Observe que um lote pode ter mais de uma frente (esquinas, lotes que atravessam quadras, etc.).

# MODELAGEM CONCEITUAL DE DADOS

## – EXEMPLO CADASTRO URBANO

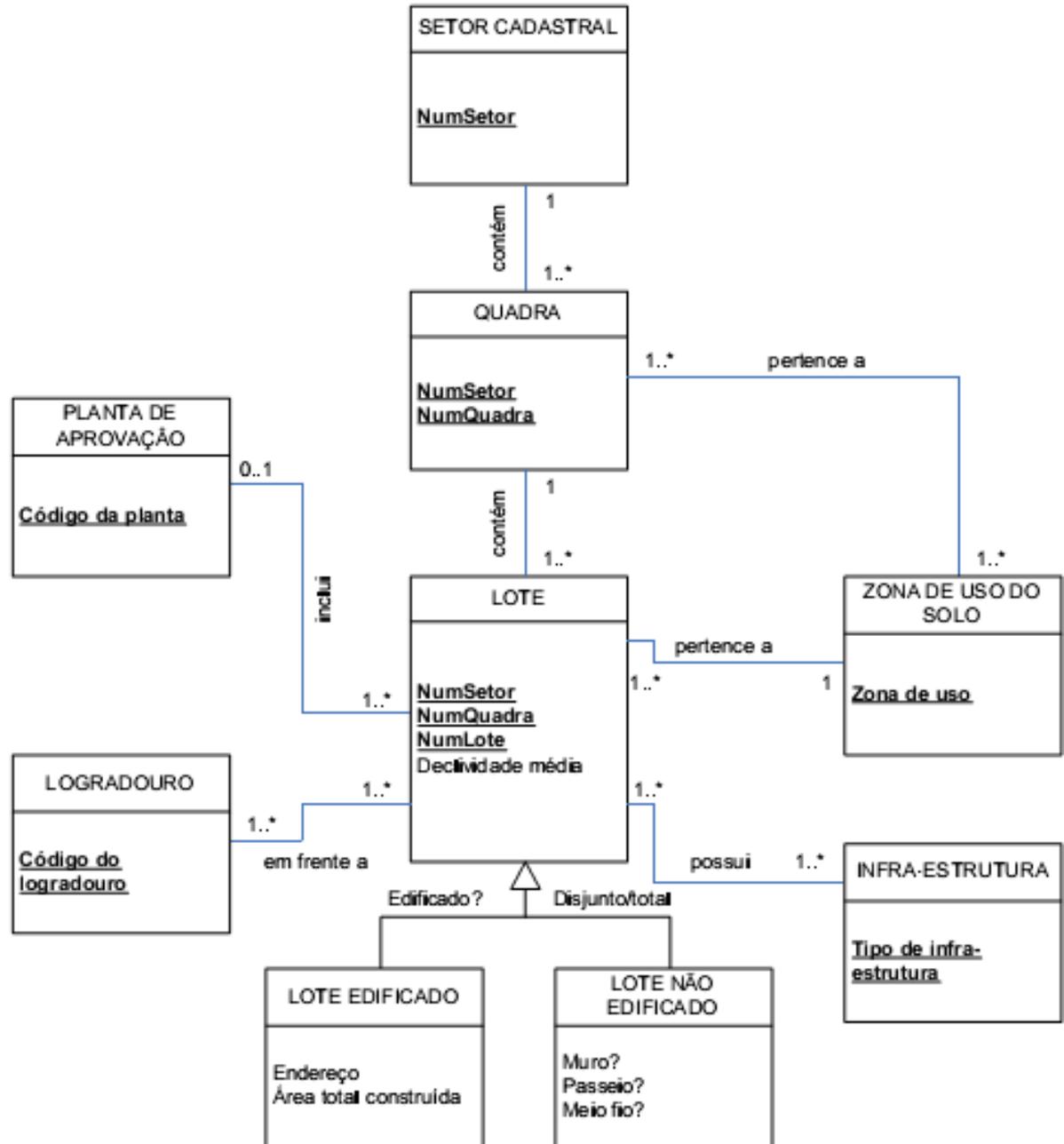
7. É necessário registrar os seguintes elementos de infraestrutura urbana: rede de esgotamento pluvial, rede elétrica, rede telefônica, rede de esgotamento sanitário, rede de água, iluminação pública. Deseja-se saber que lotes possuem cada um desses elementos, para efeito de tributação.
  
8. O sistema cadastral utilizará um mapa de declividades para determinar que lotes estão situados em encostas. Lotes que apresentem declividade média de 33% ou mais poderão estar sujeitos a limitações quanto à sua edificação e/ou poderão ter desconto no imposto territorial devido a esta situação.

# MODELAGEM CONCEITUAL DE DADOS

## – EXEMPLO CADASTRO URBANO

9. É necessário associar cada lote com uma ou mais plantas de aprovação de loteamentos, no qual a situação legal do lote esteja regularizada. Lotes provenientes de loteamentos clandestinos não terão tal associação, e é objetivo do sistema conhecer sua localização. Observe que a digitalização do conjunto de plantas de aprovação de loteamentos não serviria para identificar lotes em condição irregular, pois tais lotes não figuram nas plantas de loteamento aprovadas.

# MODELAGEM CONCEITUAL BD: NÃO GEOGRÁFICO



# MODELAGEM CONCEITUAL BD: NÃO GEOGRÁFICO

- O que não foi atendido?
  - Município ser dividido totalmente dividido em setores
  - Divisas de setores ocorrendo apenas em logradouros ou em terrenos não parcelados
  - Uma quadra é particionada completamente em lotes
  - A questão dos setores de Zona de Uso do Solo, não é possível garantir que uma Quadra Q, contendo o Lote L, e sendo da Zona 1, o Lote L também seja 1
  - Restrição da frente do lote ser um logradouro feito via chaves estrangeiras, quando o que existe na verdade é um relacionamento espacial entre os objetos
  - Não foram observadas questões de infraestrutura, nem declividade
  - ...

# MODELAGEM CONCEITUAL BD: NÃO GEOGRÁFICO

- É possível melhorar o esquema não geográfico?
  - Sim, porém muitas das restrições serão implementadas ou via *triggers* (posteriormente no esquema físico) ou como regras de negócios no código da aplicação
  - Para questões, como o mapa de declividades, um arquivo separado contendo os dados de curva de nível do solo poderá ser utilizado. Todo o relacionamento desse arquivo com os outros dados deverão ser tratados via aplicação
  - ...

# MODELO OMT-G

- Corresponde a uma parte da UML
- Introduce algumas primitivas geográficas para modelar geometrias e a topologia dos dados geográficos
- Permite a especificação de atributos alfanuméricos e métodos associados a cada classe

# MODELO OMT-G

- Baseia-se em 3 conceitos principais
  - Classes
  - Relacionamentos
  - Restrições de Integridade Espaciais
- Propõe o uso de 3 diagramas no processo de desenvolvimento de uma aplicação geográfica
  - Diagrama de Classes
  - Diagrama de Transformação
  - Diagrama de Apresentação

# MODELO OMT-G: DIAGRAMA DE CLASSES

- Utilizado para descrever a estrutura do banco de dados geográficos
  - Contém classes e relacionamentos
- Similar ao modelo ER de banco de dados relacionais
  - Descreve apenas conceitualmente os dados
  - Importa-se mais com a estrutura dos dados
  - Acrescenta apenas a informação de como o dado será representado

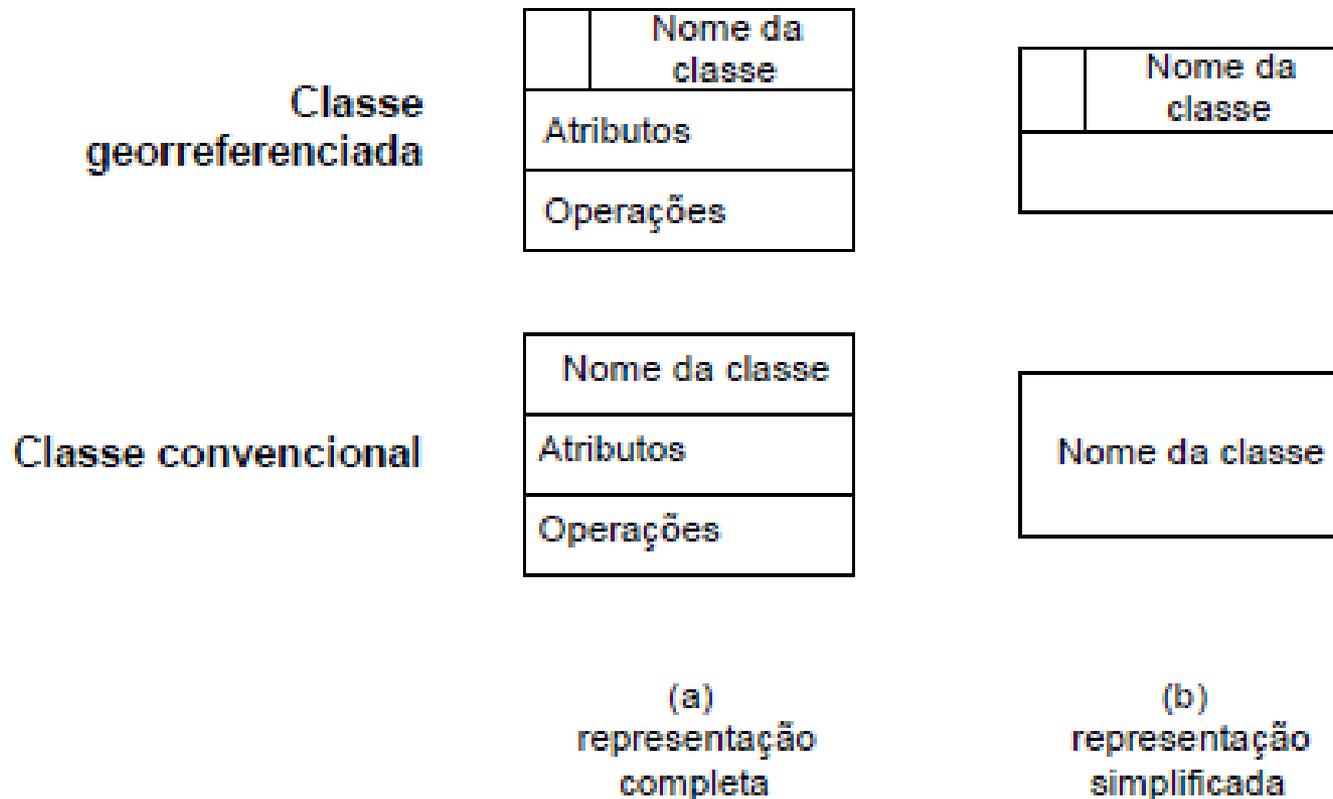
# MODELO OMT-G: DIAGRAMA DE CLASSES

## ○ Classe

- Pode representar 3 grupos de dados
  - Contínuos (GeoCampos)
  - Discretos (GeoObjetos)
  - Não-Espaciais
- Desse modo, cada classe pode ser:
  - Georreferenciada: Conjunto de objetos que possuem representação espacial
  - Convencional: Conjunto de objetos sem representação geográfica

# MODELO OMT-G: DIAGRAMA DE CLASSES

## ○ Representação de classes



# MODELO OMT-G :

## DIAGRAMA DE CLASSES

### ○ Classe Georreferenciada

- Podem se especializar em:
  - Geo-Campo
    - Representam objetos e fenômenos geográficos distribuídos continuamente no espaço
    - Ex.: Tipo de solo, vegetação, relevo, etc...
  - Geo-Objeto
    - Representam objetos geográficos particulares, individualizáveis e associados a elementos do mundo real
    - Ex.: Edifícios, ruas, árvores, postes, rios, etc.

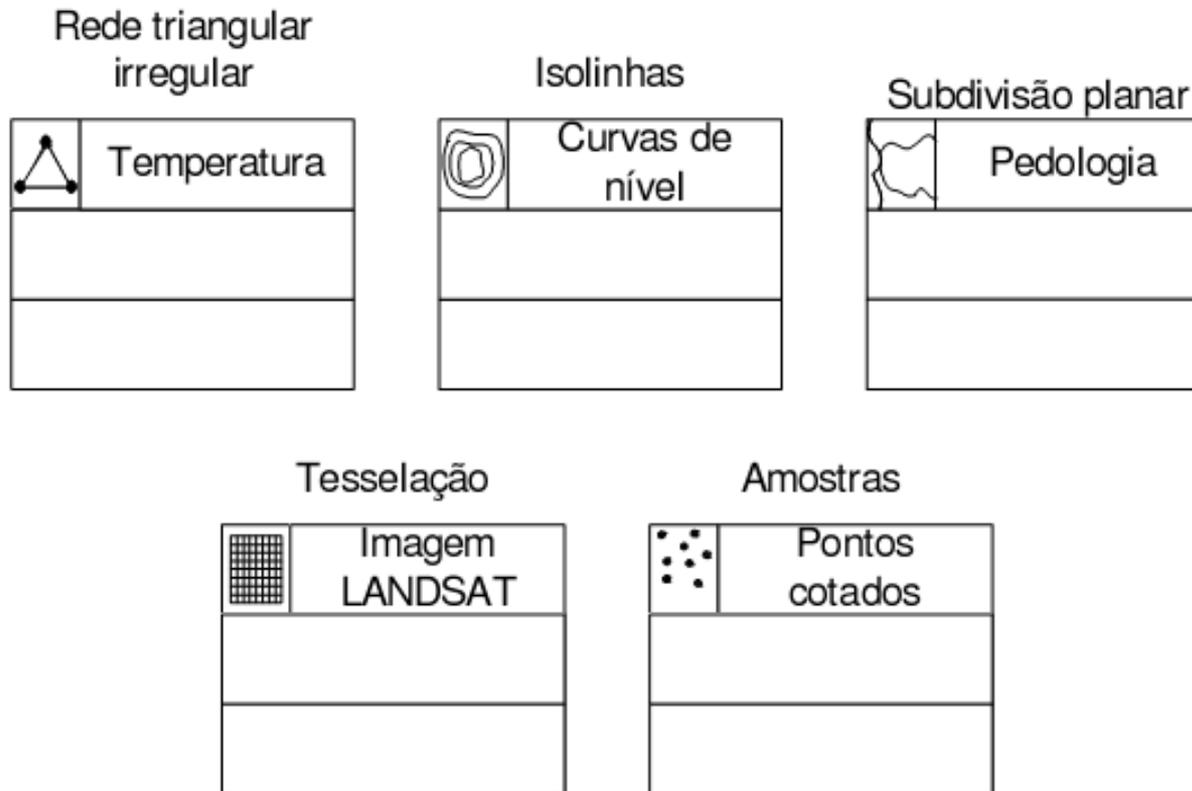
# MODELO OMT-G :

## DIAGRAMA DE CLASSES

- Para representação de objetos do tipo Geo-Campo, o OMT-G define 5 classes:
  - Isolinhas
  - Subdivisão Planar
  - Tesselação
  - Amostragem
  - Malha Triangular

# MODELO OMT-G: DIAGRAMA DE CLASSES

## ○ Representação de geo-campos



# MODELO OMT-G :

## DIAGRAMA DE CLASSES

- Para representação de Geo-Objetos, o OMT-G define duas classes
  - Com geometria e topologia e apenas com geometria
- Classes com apenas geometria são especializadas em:
  - Ponto, Linha e Polígono
- Classes com geometria e topologia podem ser:
  - Nó de Rede, Arco Unidirecional e Arco Bidirecional

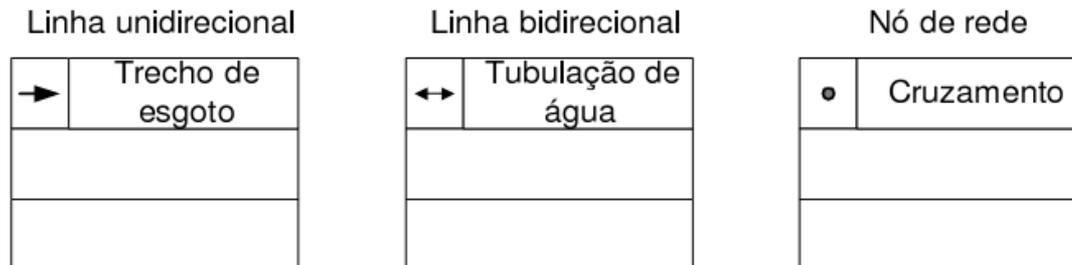
# MODELO OMT-G : DIAGRAMA DE CLASSES

## ○ Representação de Geo-Objetos

### Geo-objetos com geometria



### Geo-objetos com geometria e topologia



# MODELO OMT-G: RELACIONAMENTOS

- Grande parte dos modelos de dados não modela os relacionamentos do mundo real
- No modelo OMT-G existem 3 tipos de relacionamentos entre classes:
  - Relacionamentos simples
  - Relacionamentos topológicos em rede
  - Relacionamentos espaciais

# MODELO OMT-G: RELACIONAMENTOS

## ○ **Relacionamentos espaciais**

- Representam relações topológicas, métricas, de ordem e *fuzzy*
  - Ex.: Toca, Em, Cruza, Sobrepõe, Disjunto, Contém, Perto de, Ao Norte de, etc.
- São baseados na localização e forma geométrica dos objetos
- Representados no diagrama por linhas pontilhadas
- Podem ser definido pela matriz de 4 ou 9 interseções

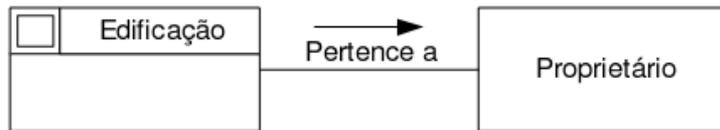
# MODELO OMT-G: RELACIONAMENTOS

## ○ **Relacionamentos de redes**

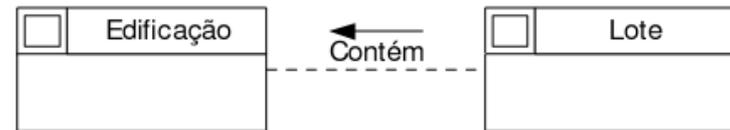
- Correspondem a relacionamentos entre objetos que estão conectados uns aos outros
- Especificados, geralmente, entre uma classe 'nó' e outra classe de 'arcos'
  - Podem existir estruturas de redes sem nós
- Indicadas no diagrama por duas linhas paralelas pontilhadas

# MODELO OMT-G: RELACIONAMENTOS

## ○ Representação de relacionamentos do OMT-G



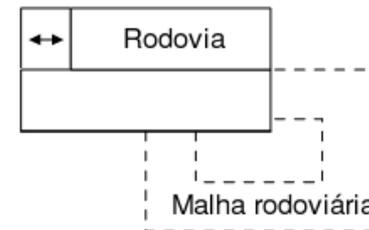
(a) Associação simples



(b) Relacionamento espacial



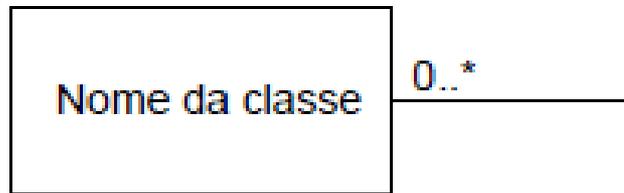
(c) Relacionamento de rede arco-nó



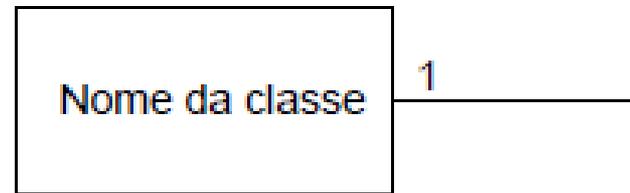
(d) Relacionamento de rede arco-arco

# MODELO OMT-G: CARDINALIDADE

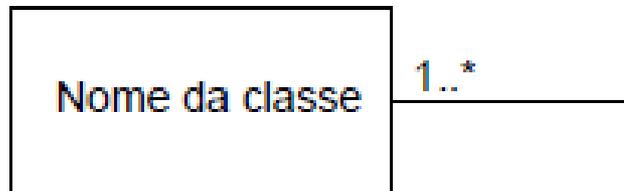
- As cardinalidades do modelo OMT-G seguem o padrão do diagrama de classes original



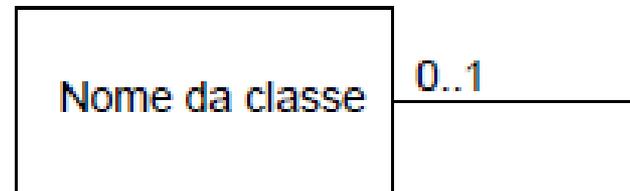
Zero ou mais



Exatamente um



Um ou mais



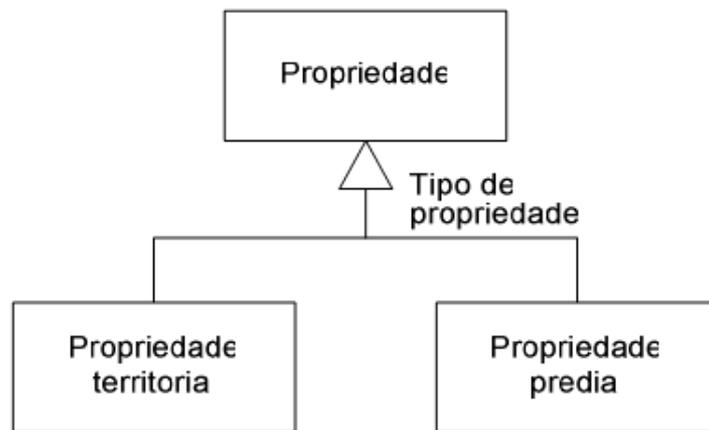
Zero ou um

# MODELO OMT-G: GENERALIZAÇÃO/ESPECIALIZAÇÃO

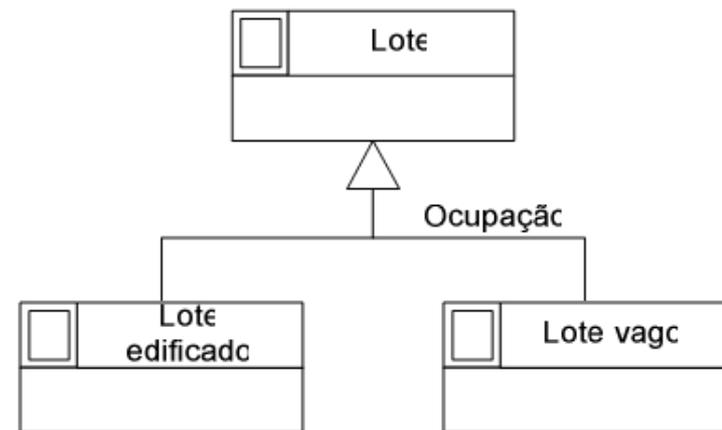
- No modelo OMT-G, o processo de generalização/especialização aplica-se tanto para classes convencionais quanto as classes geográficas
- Segue a notação UML
  - Um triângulo conecta a superclasse com suas respectivas subclasses

# MODELO OMT-G: GENERALIZAÇÃO/ESPECIALIZAÇÃO

- **Representação do processo de generalização/especialização**



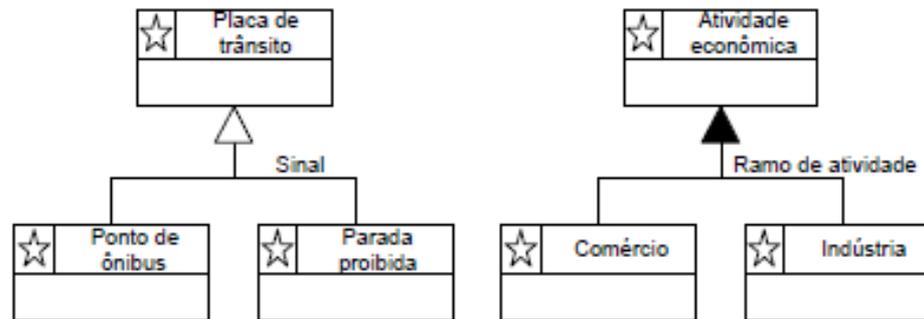
(a) Notação UML



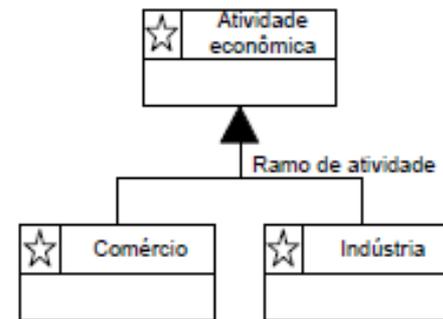
(b) Generalização espacial

# MODELO OMT-G: GENERALIZAÇÃO/ESPECIALIZAÇÃO

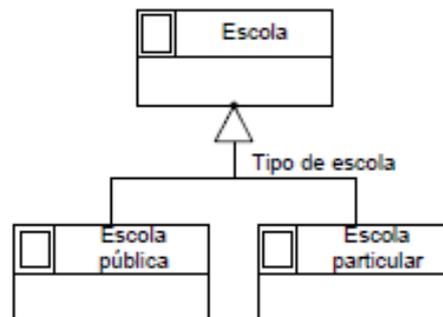
## Restrições da generalização/especialização



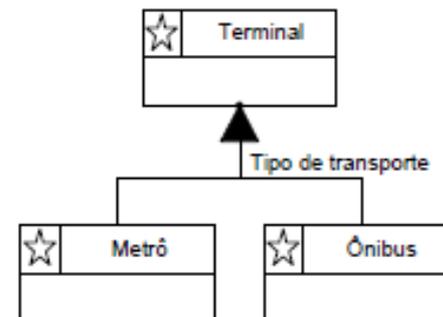
(a) Disjuntivo/parcial



(b) Sobreposto/parcial



(c) Disjuntivo/total



(d) Sobreposto/total

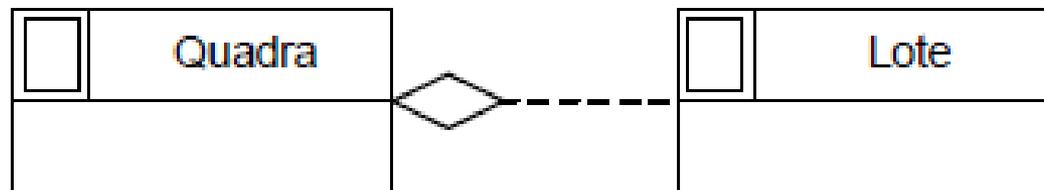
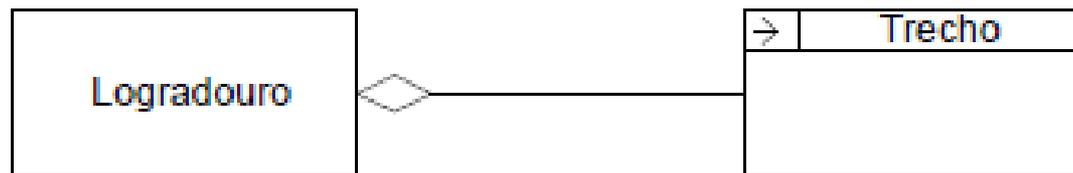
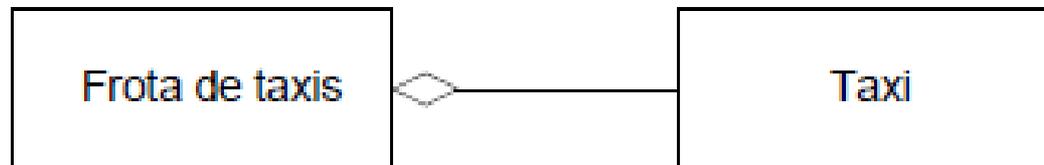
Clodoveu Davis

# MODELO OMT-G: AGREGAÇÕES

- A agregação é uma forma especial de associação entre objetos
  - Um dos objetos é formado a partir de outros
- No modelo OMT-G existe a agregação espacial
  - Também chamada de *todo-parte*
  - São explicitados relacionamentos topológicos
  - Corresponde a situações em que determinado elemento geográfico é subdividido em outros

# MODELO OMT-G: AGREGAÇÕES

- **Agregações comuns e Agregações espaciais**

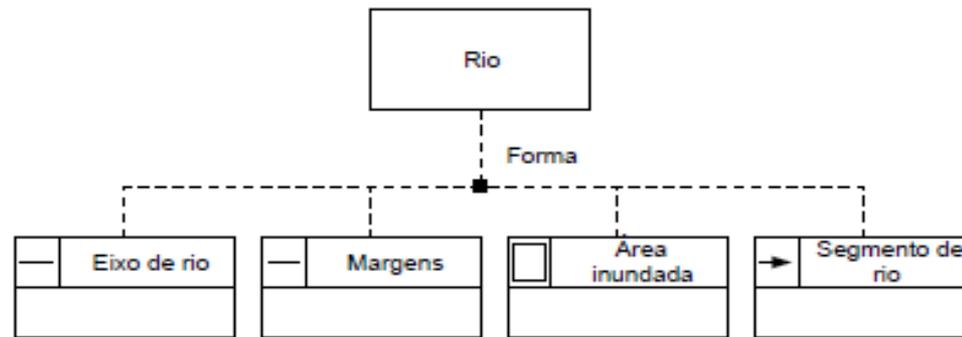


# MODELO OMT-G: GENERALIZAÇÃO CONCEITUAL

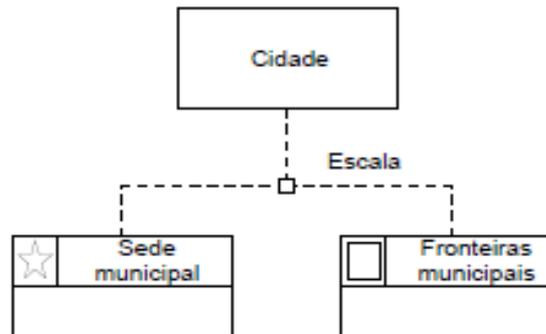
- No modelo OMT-G, pode-se querer ter diferentes representações para um mesmo objeto
  - Nesse caso, a ‘superclasse’ não apresenta uma representação específica
  - A representação é percebida de maneira diferente, conforme especificado na subclasse
  - Entre os fatores que podem influenciar a representação estão a forma geométrica ou a escala

# MODELO OMT-G: GENERALIZAÇÃO CONCEITUAL

## ○ Exemplo de Generalização Conceitual



(a) Variação de acordo com a forma (superposto)



(b) Variação de acordo com a escala (disjunto)

# MODELAGEM CONCEITUAL DE DADOS

## – EXEMPLO CADASTRO URBANO

- Conhecendo o básico do modelo OMT-G, como pode-se realizar a modelagem conceitual geográfica do exemplo “Cadastro Urbano”
- Além disso, a modelagem pode ser complementada com os Diagramas de Transformação e Apresentação, pertencentes ao Modelo OMT-G