

MODELAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA EM UML  
JOÃO MATOS<sup>1</sup>; FERNANDA NERY<sup>2</sup>; ALBERTO SILVA<sup>1</sup>; RICARDO SOUSA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Superior Técnico

<sup>2</sup> Centro Nacional de Informação Geográfica

(jmatos@civil.ist.utl.pt)

Palavras Chave: SIG, Modelação, UML, estereótipos

Sessão temática: ST1

## RESUMO

O UML (*Unified Modelling Language*) é uma linguagem diagramática, utilizável para especificação, visualização e documentação de sistemas de software. O UML surge em 1997 na sequência de um esforço de unificação de várias notações existentes em diferentes metodologias orientadas por objectos, em particular OMT, Booch e OOSE. Seguidamente, adquiriu o estatuto de norma no âmbito da OMG e da ISO, tendo vindo a ser adoptado progressivamente pela indústria e academia em todo o mundo.

O UML é uma linguagem de modelação, composta por elementos, relações e diagramas, dos quais é feita uma breve síntese na comunicação. Uma das características do UML, apesar de ser uma linguagem de modelação de aplicação genérica, é a extensibilidade e a adaptabilidade a diferentes tipos específicos de modelação e a diferentes domínios de aplicação. Providencia, nomeadamente, os seguintes mecanismos que permitem estende-lo de forma consistente: estereótipos, marcas e restrições.

Verifica-se actualmente a utilização de UML por diversos fabricantes de software SIG para a descrição dos componentes do seu produto. Esta utilização está associada à crescente adopção do paradigma do software orientado por objectos e à proximidade cada vez maior entre Sistemas de Informação Geográfica e Sistemas de Informação.

Nesta comunicação é apresentada uma breve introdução ao UML e seguidamente é discutida a sua aplicação na concepção e desenvolvimento de SIG. Especial ênfase é dado na explanação dos principais aspectos tratados na colecção de normas de informação geográfica ISO 19100, assim como na discussão de um caso de estudo onde o UML surge como

mecanismo (ou ferramenta) visual privilegiado na partilha de conhecimento entre diferentes tipos de intervenientes.

## 1 Introdução

A modelação é a arte e ciência de criar modelos de uma determinada realidade [Silva01]. É uma técnica bem aceite e adoptada pela generalidade das disciplinas de engenharia conhecidas. Permite a partilha de conhecimento entre diferentes grupos de intervenientes (técnicos e não técnicos), facilita e promove a comunicação entre todos. Facilita a gestão mais eficaz e eficiente das equipas de projecto, ao dar uma visão mais adequada sobre os vários produtos a desenvolver, e permite ainda que as previsões de custos e prazos sejam efectuadas segundo critérios mais realistas o que também contribui para a minimização dos riscos associados. Segundo Booch [Booch99] as vantagens da adopção e construção de modelos no desenvolvimento de sistemas de software são as seguintes:

- ~~☞~~ Os modelos ajudam a visualizar um sistema, quer seja a sua situação no passado, no presente ou no futuro.
- ~~☞~~ Os modelos permitem especificar a estrutura ou o comportamento de um sistema
- ~~☞~~ Os modelos permitem controlar e guiar o processo de construção do sistema.
- ~~☞~~ Os modelos documentam as decisões tomadas.

Este artigo discute e reflecte essencialmente sobre a aplicação da modelação aos problemas e actividades inerentes do domínio dos sistemas de informação geográficos, em particular através da produção de modelos desenvolvidos na linguagem UML. O trabalho deste artigo, longe de pretender ser “o” resultado final e fechado, tem como principal contributo sensibilizar o leitor para a importância da modelação de SIG e introduzir algumas das questões envolvidas através da apresentação de casos de estudo.

Este artigo está organizada em 5 secções, incluindo a presente (Secção 1) que descreve o contexto, a motivação e os principais contributos. Na Secção 2 apresenta-se uma breve descrição do UML, quer em termos de enquadramento histórico quer em termos dos seus principais conceitos e tipos de diagramas. Na Secção 3 descreve a utilização de UML nas normas de informação geográfica ISO 19100. Na secção 4 é apresentada a aplicação de UML a um processo de automatização de procedimentos de generalização. Na secção 5 são tecidas algumas considerações em relação ao trabalho desenvolvido e ao trabalho a desenvolver no futuro.

## 2 Breve Descrição do UML

### 2.1 Contexto e Motivação

Na primeira metade da década de 1990 assistiu-se a uma proliferação significativa de métodos e notações para modelação de software segundo a abordagem orientado por objectos. Como forma de evitar essa situação o OMG (Object Management Group) promoveu em 1996 uma chamada para propostas da designada “linguagem unificadora”. Entre outros concorrentes, veio a ganhar a proposta submetida conjuntamente por Booch, Rumbaugh e Jacobson, então designada por UML, que unificava várias notações de diferentes métodos, em particular as notações dos seus proponentes (Booch [Booch94], OMT [Rumbaugh99] e OOSE [Jacobson92]).

O UML (*Unified Modeling Language*) é reconhecido como sendo “a” linguagem para especificação, construção, visualização e documentação de artefactos de sistemas de software. É uma norma promovida no âmbito do OMG sendo largamente reconhecida e utilizada, quer em contextos de investigação quer na indústria.

Uma das preocupações mais significativas no desenho e na especificação do UML foi torná-lo extensível e aberto a futuras evoluções, que inevitavelmente irão ocorrer. O objectivo é que fosse possível estender o UML sem que fosse necessário redefinir o seu núcleo principal.

O UML providencia as seguintes particularidades principais [OMG99]:

- ✍ Semântica e notação para tratar um grande número de tópicos actuais de modelação.
- ✍ Semântica para tratar tópicos de modelação futura, relacionados em particular com a tecnologia de componentes, computação distribuída, *frameworks* e Internet.
- ✍ Mecanismos de extensão de modo a permitir que futuras aproximações e notações de modelação possam continuar a ser desenvolvidas sobre o UML.
- ✍ Semântica e sintaxe para facilitar a troca de modelos entre ferramentas distintas.

O UML alarga o âmbito de aplicações alvo comparativamente com as propostas de outros métodos existentes, designadamente porque permite, por exemplo, a modelação de sistemas concorrentes, distribuídos, para a Web, ou sistemas de informação geográficos.

### 2.2 Elementos e Diagramas

A estrutura de conceitos do UML é razoavelmente abrangente consistindo num conjunto variado de notações, as quais podem ser aplicados em diferentes domínios e a diferentes

níveis de abstracção. A estrutura de conceitos do UML pode ser vista através das seguintes noções: (1) “coisas” ou elementos básicos, com base nos quais se definem os modelos; (2) relações, que relacionam elementos; e (3) diagramas, que agrupam elementos.

Os elementos encontram-se organizados consoante a sua funcionalidade ou responsabilidade. Assim há elementos de estrutura, comportamento, agrupamento e de anotação. A Figura 1 ilustra o conjunto dos principais elementos de estrutura: classes, classes activas, interfaces, casos de utilização, actores, colaborações, componentes e nós.

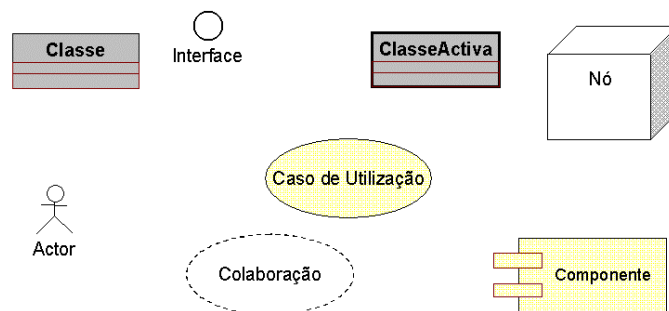


Figura 1: Resumo dos elementos de estrutura

As relações são conceitos gerais que apresentam uma sintaxe (neste caso, uma notação) e uma semântica bem definida, e que permite o estabelecimento de interdependências entre os elementos básicos acima introduzidos. A Figura 2 ilustra os principais tipos de relações do UML, nomeadamente relações do tipo associação, dependência, realização, generalização e transição de estado.

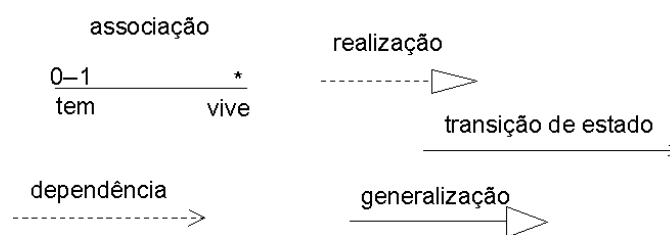


Figura 2: Resumo dos tipos de relações standard

Os diagramas são conceitos que traduzem a possibilidade de agrupar elementos básicos e suas relações de uma forma lógica ou de uma forma estrutural. Existem diferentes tipos de diagramas em UML. Em cada tipo de diagrama é usado um subconjunto dos elementos básicos acima descritos, com diferentes tipos de relações que tenha sentido existir.

Por exemplo, um diagrama de classes UML é composto por um conjunto de ícones representantes de classes em simultâneo (e opcionalmente) com a representação explícita das suas relações.

Segundo o princípio de que “nenhum modelo é suficiente por si só; qualquer sistema não-trivial é melhor representado através de pequeno número de modelos razoavelmente independentes” [Booch99], o UML define diferentes tipos de diagramas, cuja utilização e aplicação permitem dar visões complementares, nomeadamente:

- ✍ Diagramas de casos de utilização, que representam a visão do sistema na perspectiva do seu utilizador.
- ✍ Diagramas de classes que permitem especificar a estrutura estática de um sistema segundo a abordagem orientada por objectos.
- ✍ Diagramas de interacção entre objectos (diagramas de sequência e diagramas de colaboração) e diagramas de transição de estados e diagramas de actividades, que permitem especificar a dinâmica ou o comportamento de um sistema segundo a abordagem orientada por objectos.
- ✍ Diagramas de componentes e diagramas de instalação, que dão uma visão da disposição dos componentes físicos (software e hardware) de um sistema.

Nas secções seguintes ver-se-ão exemplos de alguns destes tipos de diagramas aplicados ao domínio dos SIG.

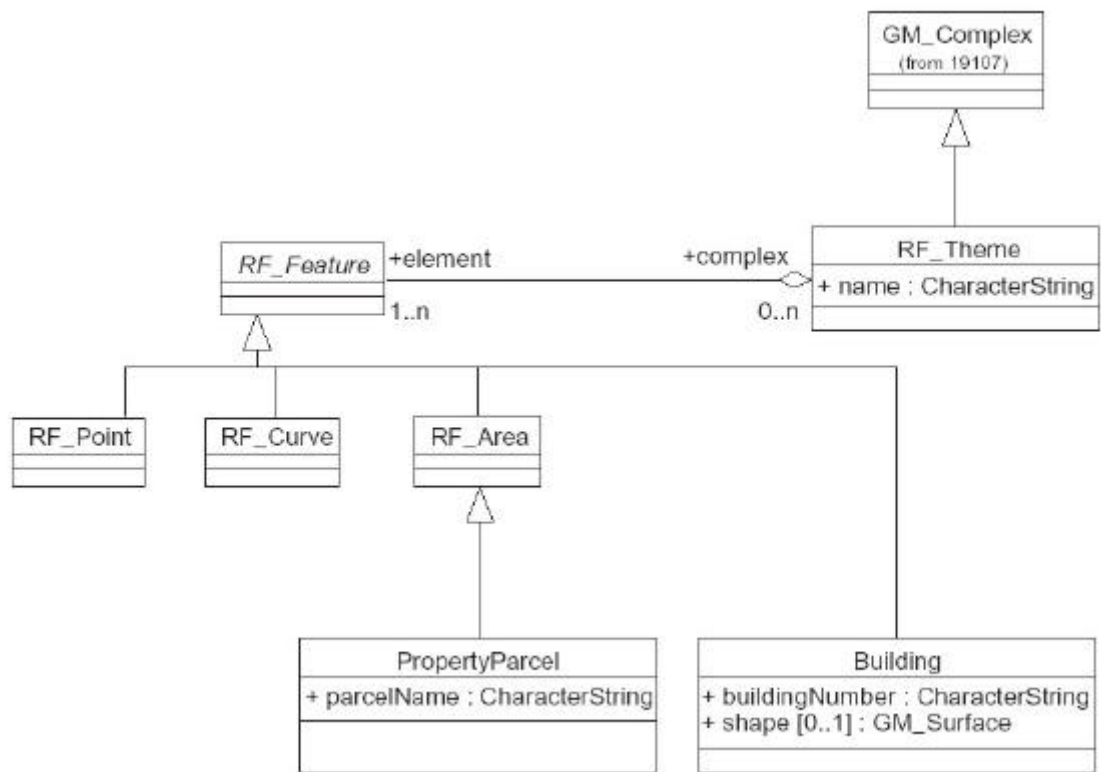
### **3 O UML no Processo de Normalização de SIG**

Na sequência de apreciações comparativas entre várias linguagens de modelação, o UML foi seleccionado para as normas da família ISO 19100 (elaboradas pela ISO/TC 211) para os diagramas de estrutura estática e a UML OCL (Object Constraint Language) como linguagem para os esquemas conceptuais de especificação das partes normativas. A selecção da linguagem e a sua aplicação foram objecto de um documento normativo (Technical Specification) particular 19103 – Geographic Information – Conceptual Schema Language.

Se nalguns dos documentos normativos a utilização de UML não apresenta expressão significativa, já noutros, como na norma de metadados (19115 – Geographic Information – Metadata), a sua utilização é feita de forma muito evidente. A importância e as razões da utilização de UML nos documentos normativos derivam do objectivo de procurar traduzir de forma tão automática quanto possível os esquemas normativos para as linguagens de aplicação, processo designado por codificação (encoding). Como é natural, nas situações onde a aplicabilidade de uma tal codificação é óbvia, como a da norma de metadados, a utilização de UML apresenta um enquadramento natural. Já em normas como a de qualidade (ISO 19113,4) a utilização de UML afigura-se desnecessária excepto na ligação à norma de metadados.

A importância da utilização do UML para codificação é mais interessante do ponto de vista operacional na norma 19118 – Geographic Information – Encoding. Neste documento são definidas regras para codificação a partir de esquemas UML que conduzem à sua codificação em XML (Extensible Markup Language). Mais recentemente foi apresentada a proposta de integração de uma norma proveniente do OGC (Open GIS Consortium), ao abrigo do protocolo de colaboração entre esta organização e a ISO/TC 211, para um perfil de XML designado por GML (Geographic Markup Language) que conhecerá, previsivelmente, uma grande expansão.

Um exemplo retirado do documento 211n1136, versão mais recente da norma 19118, é apresentado na figura abaixo, como a descrição do modelo de dados simplificado para edifício e parcela. As classes utilizadas no exemplo referem-se directamente às utilizadas na norma 19107 – Spatial Schema.



## 4 Caso de Estudo

Um exemplo clássico de utilização de sistemas de informação geográfica diz respeito à automatização de procedimentos de generalização. O processo de generalização pode ser definido como uma filtragem conceptual que permite obter uma representação mais abstracta, ou uma visão parcial, sobre um dado fenómeno geográfico. Consoante os objectivos que determinam o processo de generalização, é possível distinguir entre generalização qualitativa e quantitativa.

A generalização qualitativa, ou cartográfica, visa melhorar a legibilidade de um mapa ou de outros produtos cartográficos de escala fixa, evitando efeitos como o congestionamento, coalescência, conflito ou imperceptibilidade [Matos01] dos objectos geográficos representados.

Na generalização quantitativa, o objectivo é o de obedecer a especificações de produto que exijam um menor detalhe temático ou geométrico nos objectos representados. Por exemplo, e utilizando esta definição mais lata, a selecção de um subconjunto de classes de objectos geográficos configura uma operação de generalização quantitativa.

O caso de estudo utilizado para exemplificar a utilização da notação UML diz respeito à aplicação MapGen desenvolvida no CNIG para generalização quantitativa automática da cartografia de ocupação do solo COS'90\*, com área mínima cartografável (MMU) de 1ha, para o esquema de classificação adoptado no CORINE Land Cover, ou CLC\*\*, com MMU de 25ha.

A aplicação implementa dois tipos de operações aplicadas à generalização de informação temática de ocupação do solo, de acordo com as regras de generalização pré-definidas [CEC94]:

- ✍ Exagero, operação que consiste na alteração da geometria de um objecto por forma a que a área se torne superior a um determinado limiar mínimo (a área mínima cartografável definida nas especificações de um produto cartográfico).
- ✍ Agregação, operação que consiste no agrupamento de diversos objectos num único objecto de área superior à área mínima cartografável.

---

\* [http://snig.cnig.pt/cgi-bin/snig/Igd/mostra\\_dataset.cgi?cod=C471](http://snig.cnig.pt/cgi-bin/snig/Igd/mostra_dataset.cgi?cod=C471)

\*\* [http://snig.cnig.pt/cgi-bin/snig/Igd/mostra\\_dataset.cgi?cod=C200](http://snig.cnig.pt/cgi-bin/snig/Igd/mostra_dataset.cgi?cod=C200)



O exagero de objectos pode ser realizado através de dois procedimentos distintos:

- ✎ Criação de uma envolvente ou *buffer* em torno a objectos seleccionados: Exagero por Envolvente;
- ✎ Amalgamação de objectos vizinhos ou com proximidade inferior a um determinado limiar de distância: Exagero por Amalgamação.

A agregação de objectos pode ser realizado através de dois procedimentos que utilizam medidas de similitude distintas para determinar qual o objecto vizinho (i.e. adjacente) ao qual se deve fundir um dado objecto a generalizar:

- ✎ Agregação com base na classificação hierárquica de tipos de ocupação do solo: Agregação por Classificação;
- ✎ Agregação com base numa matriz de prioridades (i.e., similitude) entre tipos de ocupação do solo: Agregação Por Prioridade.

O diagrama de casos de utilização apresentado na Figura 3 mostra a relação entre o utilizador da aplicação e o caso de uso que permite a generalização em *batch* (**Generalizar Cartas**).

A operação **Generalizar Cartas** é iniciada pelo utilizador quando este pretende aplicar uma operação de generalização sobre um conjunto de cartas seleccionado sobre um tema que representa o seccionamento geográfico da série cartográfica utilizada. O utilizador deverá especificar a(s) directoria(s) de trabalho, identificar o tema com o seccionamento cartográfico e seleccionar tabelas auxiliares necessárias de acordo com o tipo de generalização pretendido.

A associação do tipo <<include>> entre o caso de uso principal **Generalizar Cartas** e o caso de uso **Selecionar Tema** (por exemplo) indica a inclusão, no primeiro caso de uso, do comportamento definido no segundo caso de uso, especificamente a identificação do tema que representa o seccionamento geográfico da série cartográfica utilizada.

A associação do tipo <<extend>> entre o caso de uso principal **Generalizar Cartas** e o caso de uso **Exagero por Envolvente** (por exemplo) indica que a generalização em *batch* de um conjunto de cartas pode incorporar o comportamento de exagero de objectos.

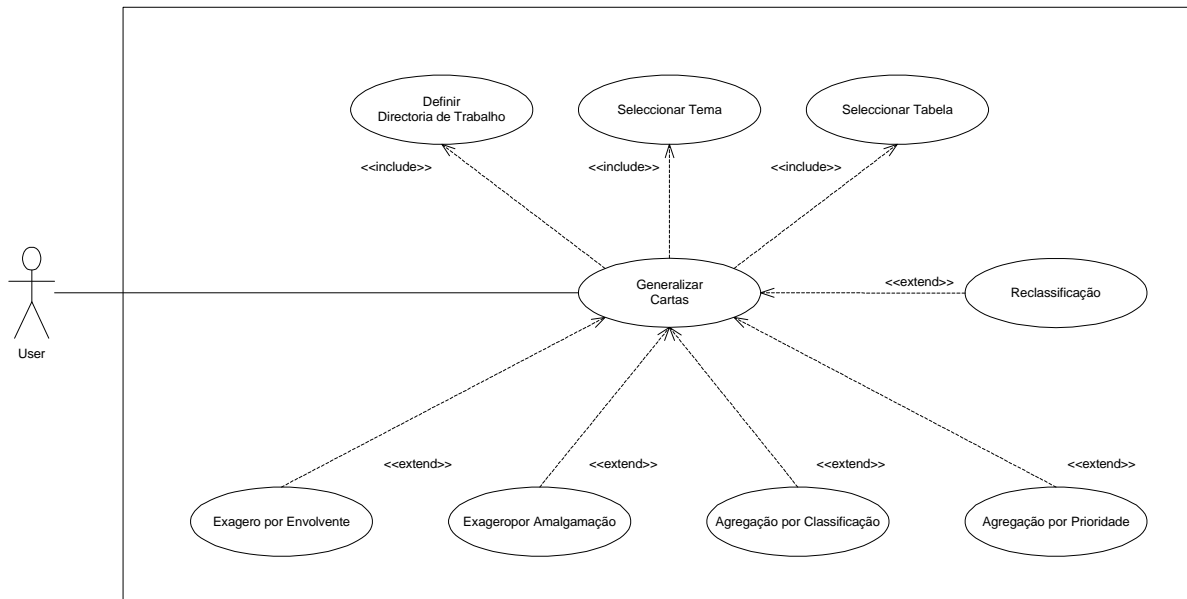


Figura 3: Diagrama de casos de utilização: generalização automática de conjuntos de cartas de ocupação do solo de uma série cartográfica.

## 4.1 Modelação da Estrutura

Os diagramas de classes mostram a estrutura estática de um modelo, em particular as coisas que existem, tais como classes e tipos, a sua estrutura interna, e as relações entre elas [OMG99].

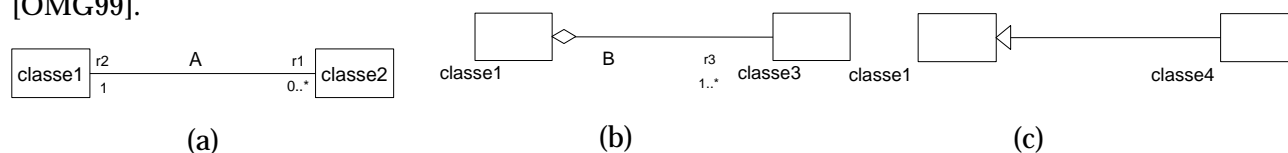


Figura 4: Exemplos de relações entre classes:

(a) associação entre a "classe1" e a "classe2", cujo nome "A" pode ser especificado, bem como os papéis "r1" e "r2" desenhado pelas classes na associação e a respectiva cardinalidade ;

(b) agregação (caso particular de associação) em que uma instância da "classe1" é constituída por um conjunto de 1 a  $n$  partes que são instâncias da "classe3";

(c) generalização, em que a "classe4" é um caso particular da "classe1" com características mais gerais.

A aplicação MapGen que serve para ilustrar estes exemplos foi desenvolvida sobre o software ArcView GIS 3.2 utilizando a linguagem de programação Avenue. Por forma a dar enquadramento aos diagramas relativos à aplicação de generalização, apresenta-se em anexo o subconjunto das classes ArcView utilizadas (Figura 15) e um diagrama detalhando atributos e operações das classes que suportam a implementação da maioria das operações de generalização (Figura 16).

De forma sucinta, convém clarificar alguns aspectos específicos do modelo de dados do ArcView GIS.

A classe abstracta *Theme* suporta a visualização e manipulação de cada conjunto de dados geográficos (CDG) - quer se trate de uma imagem, de um TIN, de uma matriz ou de dados vectoriais. A um CDG vectorial corresponderá uma instância da classe *FTheme*.

Informação tabular é visualizada através de objectos de tipo *Table*. Associada a cada *:Table* existe uma "tabela virtual" ou *:VTab* que disponibiliza as operações de edição de dados. A ordenação de registos é suportada por objectos da classe *VTabSort* que podem ser associados a uma dada *:VTab*.

Uma *FTab*, ou *feature table*, é um caso particular de *VTab* que contem um campo (*Field*) de tipo geométrico (*Shape*), estando associada a um dado *FTheme*.

Na aplicação MapGen as estruturas de dados utilizadas são extremamente simples (Figura 5): as cartas originais COS'90 obedecem à estrutura definida para a classe *COSFTab*, as cartas generalizadas de acordo com as especificações CORINE obedecem à estrutura definida para a classe *CORINEFTab*. A reclassificação socorre-se de uma tabela externa que

estabelece a correspondência entre o esquema de classificação COS e o esquema CORINE, e que segue a estrutura definida para a classe reclassifyVTab. Cada mancha de ocupação do solo corresponderá a um registo na CORINEFTab que poderá ter 0 a n vizinhos. Caso uma dada mancha tenha um valor de área inferior à MMU, e deva ser generalizada por agregação a uma ou mais manchas vizinhas, a prioridade de agregação é determinada através de uma priorityVTab com base na relação biunívoca entre a mancha a generalizar (anchorRecord) e cada uma das manchas adjacentes (neighbourRecords).

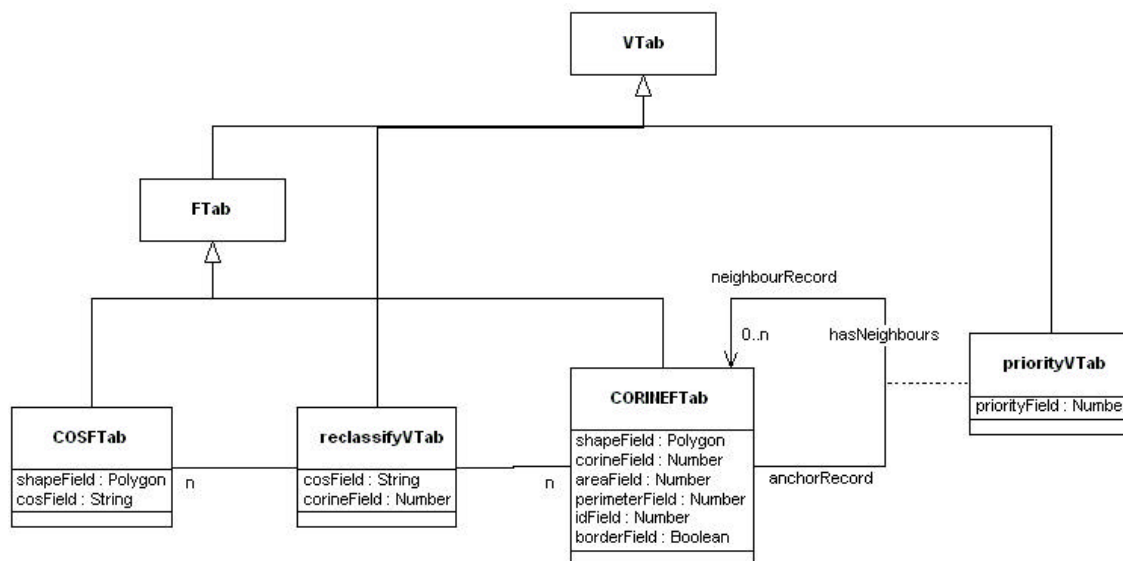


Figura 5 - Diagrama de classes representando os tipos de informação geográfica e tabelas auxiliares utilizado na aplicação MapGen.

Na Figura 5, os atributos que armazenam a classificação de cada mancha de ocupação de solo são descritos recorrendo a *datatypes* genéricos (*string*, no caso das cartas COS'90; e *number*, no caso das cartas CORINE). Uma especificação mais detalhada poderia recorrer a associações com classes de dois estereótipos definidos na norma ISO/CD 15046-3, <<Enumeration>> e <<Codelist>>, para definir o domínio de validade dos referidos atributos.

Uma classe estereotipada como <<Enumeration>> pode conter apenas atributos simples que representam os valores da enumeração [ISO/CD 15046-3], prestando-se por exemplo à descrição da classificação CLC.

A classificação COS'90 apresenta características distintas, uma vez que se trata de uma classificação "aberta", ou seja, baseada em que não existe uma listagem prévia de todas as combinações possíveis de tipos de ocupação do solo. A sua descrição pode ser realizada através de uma <<Codelist>>, um tipo mais flexível de enumeração que opera através da associação a um dicionário de valores (Figura 6).

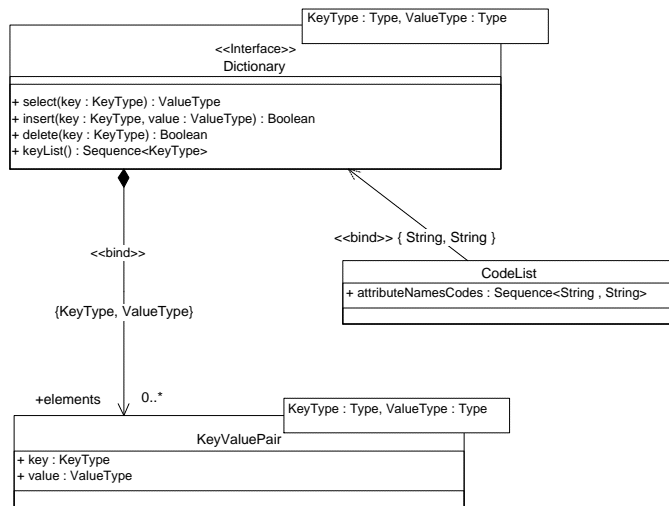
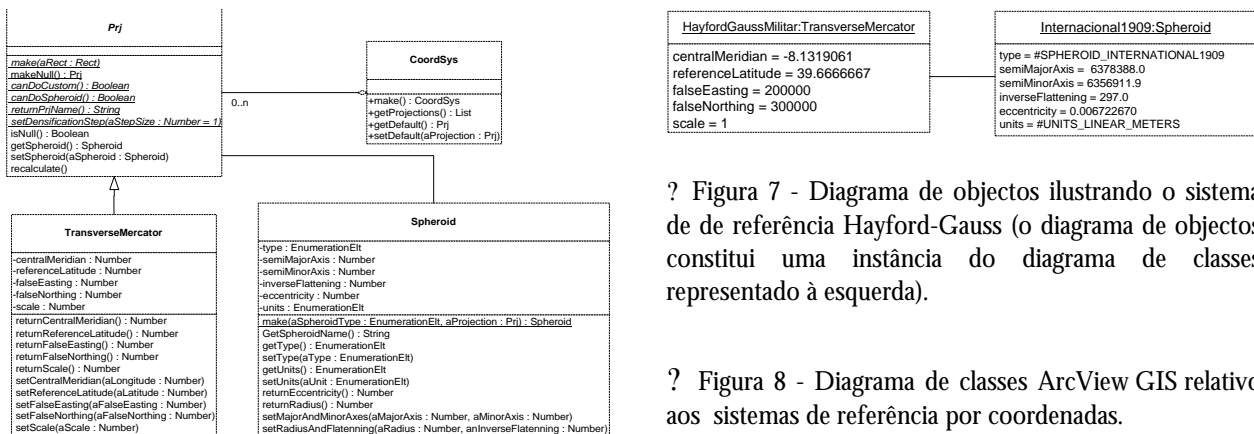


Figura 6 - Representação de uma CodeList  
[Fonte: ISO/CD 15046-3].

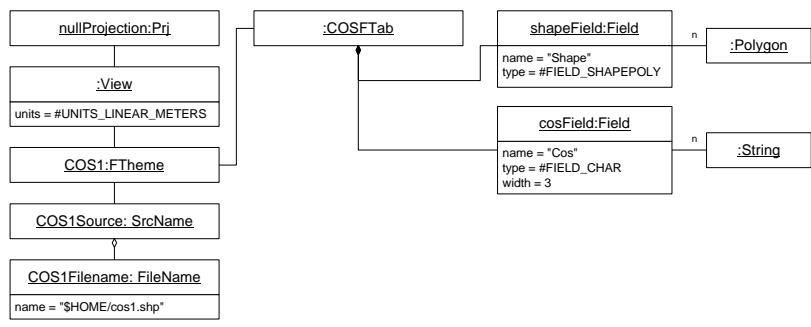
Os diagramas de objectos são grafos de instâncias (ver Figura 7 e 8), incluindo objectos e valores de atributos, e podem ser utilizados para ilustrar o estado do sistema num dado momento ou para exemplificar estruturas de dados.



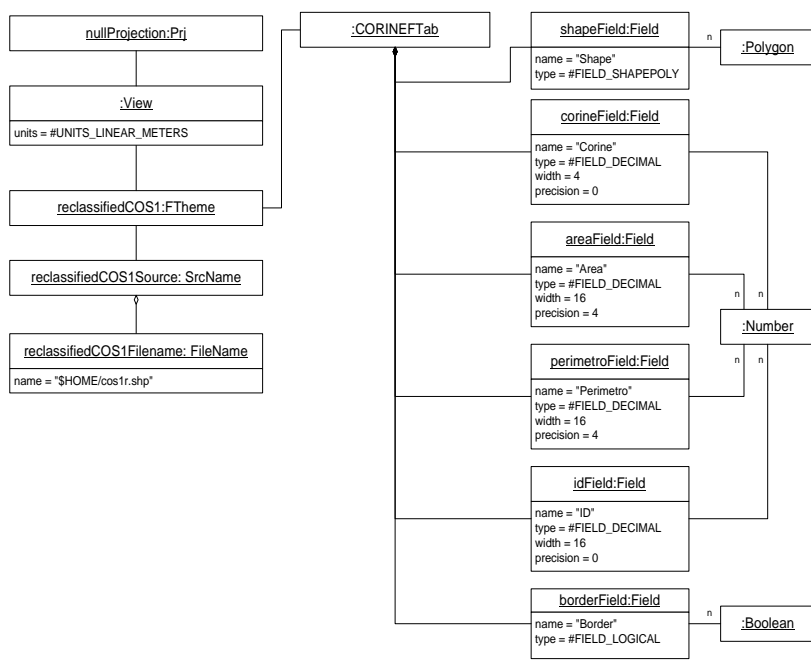
? Figura 7 - Diagrama de objectos ilustrando o sistema de referência Hayford-Gauss (o diagrama de objectos constitui uma instância do diagrama de classes representado à esquerda).

? Figura 8 - Diagrama de classes ArcView GIS relativo aos sistemas de referência por coordenadas.

Para o caso particular do primeiro procedimento, a Figura 9 ilustra a estrutura dos objectos utilizados pela reclassificação da COS'90 para o esquema CLC e a Figura 10 ilustra os objectos resultantes.



? Figura 9 - Diagrama de objectos, ilustrando os objectos associados uma carta COS'90 original, a generalizar.



? Figura 10 - Diagrama de objectos ilustrando os objectos resultantes do processo de reclassificação de uma carta COS'90 para a legenda CORINE Land Cover.

## 4.2 Modelação do Comportamento

Como referido anteriormente o comportamento do sistema pode ser descrita com o apoio de diagramas de interacção entre objectos (diagramas de sequência e diagramas de colaboração) e de diagramas de transição de estados e diagramas de actividades, que permitem especificar a dinâmica ou o comportamento de um sistema segundo a abordagem orientada por objectos.

Exemplificar-se-á apenas a utilização de diagramas de actividades, que fornecem uma visão simplificada do fluxo de controlo de uma operação ou de um processo. Os diagramas de actividades serão utilizados para especificar o algoritmo utilizado na operação de Agregação por Classificação\*.

---

\* A classificação Corine Land Cover apresenta três níveis hierárquicos com tipos de ocupação progressivamente mais específicos. Por exemplo: no nível I, o código "2" identifica "Áreas Agrícolas"; ao nível II, o código "21" identifica "Culturas Anuais"; ao nível III, o código "213" identifica "Arrozais".

Os diagramas de actividades podem incluir estados de acção (atómicos, não passíveis de interrupção) e estados de actividade (não atómicos, passíveis de interrupção), transições, objectos e decisões. No caso das decisões, a condição a verificar-se é escrita sobre o símbolo de transição, em linguagem natural, OCL, ou outro tipo de notação considerado adequado.

A operação Agregação por Classificação implementa a seguinte regra de generalização, baseada no princípio da dominância [CLC94, Bossard00]:

se 2 ou mais manchas de ocupação de solo contíguas, com área inferior à MMU, pertencem a classes CLC com o mesmo nível II (aqui designados por "type II neighbours") e se o resultado da agregação é uma mancha com área superior à MMU, então as manchas são agregadas e ao resultado é atribuída a classe CLC de nível III com maior área.

na ausência de "type II neighbours", o mesmo procedimento é aplicável se as manchas referidas pertencem a classes CLC com o mesmo nível I (aqui designados por "type I neighbours").

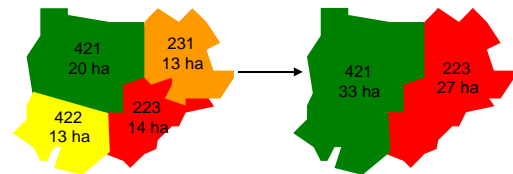
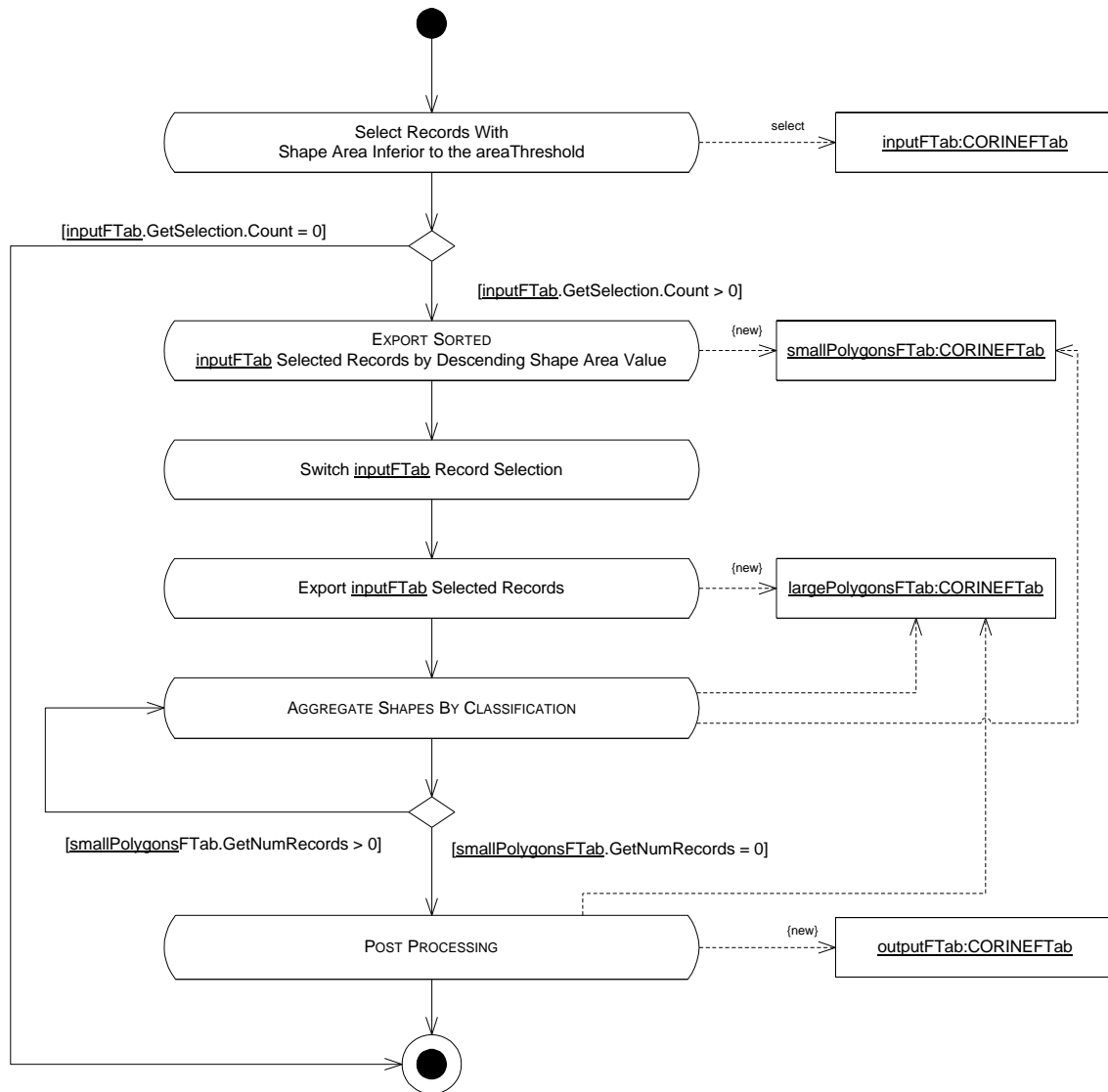
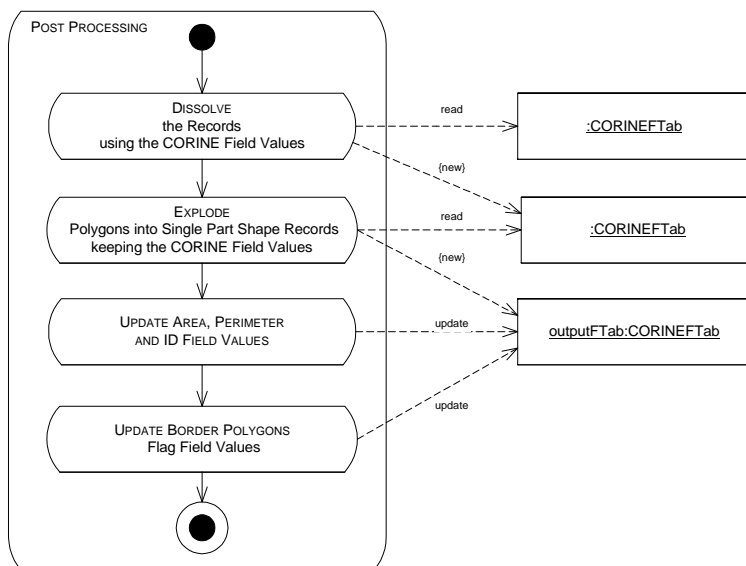


Figura 11 - Exemplo de agregação com base na classificação [modificado de Carrao01].

A Figura 12 ilustra o procedimento de agregação com base na classificação. Os registos presentes numa dada carta de ocupação de solo são separados em dois conjuntos: manchas com área inferior a um dado limiar (a área mínima cartografável ou MMU) e manchas com área superior ao limiar, que não necessitam processamento. As manchas tratadas são progressivamente transferidas do primeiro para o segundo conjunto. O processo de agregação propriamente dito (Aggregate Shapes By Classification) é realizado até que não restem registos no conjunto de manchas a generalizar. A fase de pós-processamento é comum a todas as operações de generalização e permite assegurar não existem manchas contíguas com a mesma classificação e que os atributos associados a cada mancha são actualizados.



? Figura 12 - Diagrama de actividades correspondente ao processo de generalização Agregação por Classificação.



? Figura 13 - Diagrama de actividades detalhando a fase de pós-processamento do resultado da agregação.





## 5 Discussão e Trabalho Futuro

Como já foi referido anteriormente o trabalho desenvolvido nesta comunicação tem como principal objectivo contribuir na sensibilização dos leitores para a importância da modelação em SIG recorrendo a UML.

Pretende-se mostrar a aplicabilidade do UML na modelação de vários problemas do domínio das ciências de informação geográfica.

Foram apresentados vários exemplos: a utilização de UML nas normas ISO 19100 (onde funciona como linguagem para implementação dos esquemas dos esquemas conceptuais de especificação de partes normativas), na modelação das estruturas de dados utilizados num caso concreto e ainda na modelação do comportamento de um operador espacial, a operação de Agregação por Classificação.

Verificou-se a aplicabilidade do UML a estes casos, bem como as vantagens, anteriormente descritas, daí decorrentes.

Foram identificados alguns problemas na aplicação do UML aos casos descritos. Apesar do esforço de integração entre a norma do OGC e as normas ISO nem sempre é evidente a compatibilização de conceitos e notações. Estes factos contribuem para a dificuldade da aplicação do UML a casos concretos.

Verificou-se também que a inexistência de estereótipos aplicáveis a operações de análise espacial leva a que seja complicado descrever aplicações complexas de forma abstrata. O desenvolvimento de um conjunto de estereótipos aplicáveis a operações de análise espacial será um trabalho que beneficiará a aplicação de UML na concepção e desenvolvimento de SIG.

## Referências

- [Booch94] Grady Booch. *Object-Oriented Analysis and Design with Applications*, 2ª edição. Addison Wesley, 1994.
- [Booch99] Grady Booch, James Rumbaugh, and Ivar Jacobson. *The Unified Modeling Language User Guide*. Addison Wesley, 1999.
- [Bossard00] M. Bossard, J. Feranec and J. Otahel. *CORINE land cover technical guide – Addendum 2000*, European Environmental Agency, Copenhagen, pp. 105, 2000
- [Carrao01] Hugo Carrao, Roberto Henriques, Fernanda Néry and Mário Caetano. *MapGen – Automated Generalisation for Thematic Cartography. 16 EMEA ESRI User Conference. Lisbon 17-19<sup>th</sup> October 2001.*, 2001
- [CEC94] *CORINE land cover. Technical guide*, Luxembourg (Office for Official Publications of European Communities, pp. 152, 1994
- [Jacobson92] Ivar Jacobson **et al.** *Object-Oriented Software Engineering: A Use Case Approach*. Addison Wesley, 1992.
- [Matos01] João Matos. *Fundamentos de Informação Geográfica*. Lidel-Edições Técnicas, Lisboa, 326pp, 2001
- [OMG99] Object Management Group, UML Revision Task Force. *OMG Unified Modeling Language Specification. Version 1.3*, 1999.
- [Rumbaugh91] J. Rumbaugh, M. Blaha, W. Premerlani, F. Eddy, W. Lorenzen. *Object-Oriented Modeling and Design*. Prentice Hall, 1991.
- [Rumbaugh99] James Rumbaugh, Ivar Jacobson, and Grady Booch. *The Unified Modeling Language Reference Manual*. Addison Wesley, 1999.
- [Silva01] Alberto Silva, Carlos Videira. *UML, Metodologias e Ferramentas CASE*. Centro Atlântico, 2001.

# Anexo I - Diagramas de estrutura estática (ArcView GIS).

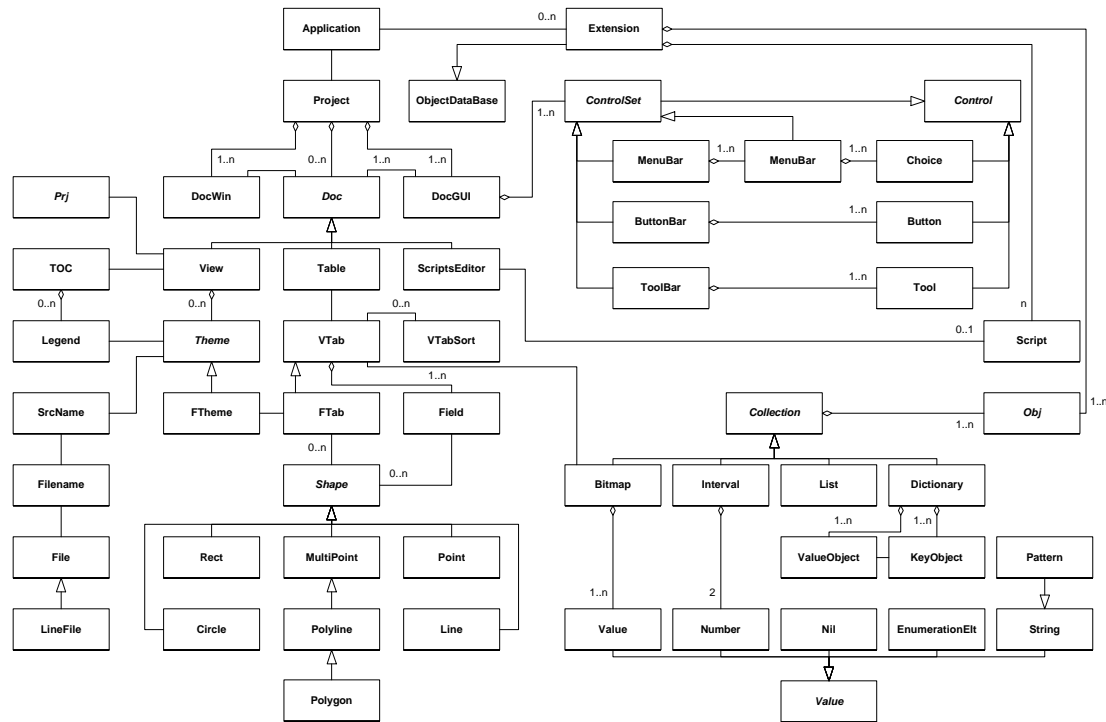


Figura 15 - Diagrama das classes utilizadas na aplicação de generalização (desenvolvida sobre ArcView GIS 3.2 utilizando Avenue).

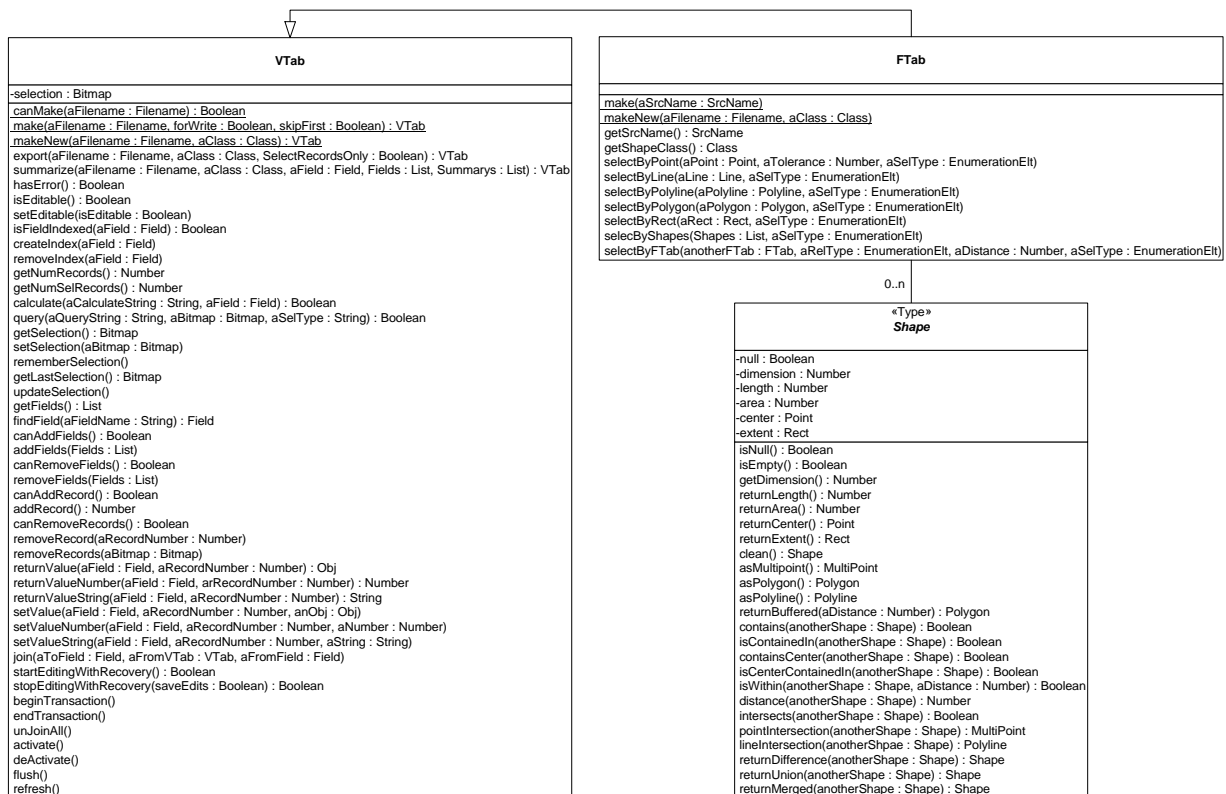


Figura 16 - Diagrama de classes detalhando atributos e operações associados às três classes do ArcView GIS que suportam a maioria dos procedimentos de generalização.