

O *Framework* Conceitual Temporal GeoFrame-T na Prática*

LUCIANA VARGAS DA ROCHA

NINA EDELWEISS

Instituto de Informática - UFRGS, Caixa Postal 15064, 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil
{vargas,nina}@inf.ufrgs.br

Abstract. This paper describes the GeoFrame-T, a conceptual temporal framework for geographic information systems applications development. A temporal conceptual framework provides a class diagram which can be used as a basis for class modeling of applications domain. Through case studies, we demonstrate how the temporal aspect can be represented in the conceptual modeling process.

1 Introdução

É indiscutível que o tempo é um elemento importante nas relações humanas, sócio-econômicas e naturais. Considerando os sistemas de informação geográfica, percebe-se que o fator tempo é um componente imprescindível para a análise, previsão e conhecimento dos fenômenos geográficos encontrados na natureza e nas relações sócio-econômicas. Os SIGs disponíveis atualmente consideram as entidades como se o mundo existisse somente no presente. Informações geográficas são incluídas e alteradas ao longo do tempo, mas o histórico destas transformações não é mantido na base de dados. Aplicações de SIG deveriam ser capazes de lidar com dados espaço-temporais, que refletem a natureza espaço-temporal dos fenômenos geográficos, como por exemplo, a destruição feita pelo fogo em uma queimada na floresta, a erosão gradual dos solos, a formação de tempestades, o estudo da poluição ambiental, entre outros.

Para o projeto e a implementação de tais comportamentos complexos é importante seguir uma metodologia de desenvolvimento de aplicações. Seu benefício já foi ressaltado em [1, 4]. Uma metodologia de desenvolvimento típica inclui, entre outras, a fase de análise de requisitos, modelagem conceitual e lógica dos dados, e implementação. Este artigo preocupa-se com a fase de modelagem conceitual dos dados.

Em Rocha [3] é proposta uma extensão temporal para o *framework* conceitual GeoFrame, apresentado por Lisboa [2], baseado nas regras do formalismo de orientação a objetos e utilizando a notação do diagrama de classes da

Linguagem de Modelagem Unificada – UML [5]. O objetivo de um *framework* conceitual é o de fornecer um diagrama de classes que pode ser usado como base para a modelagem das classes do domínio da aplicação. Um *framework* conceitual significa que o produto gerado a partir do seu uso não é um *software* executável, mas sim, um esquema conceitual de dados que, posteriormente, deverá ser traduzido para um esquema de dados específico do SIG no qual será desenvolvida a aplicação. O GeoFrame-Temporal, ou GeoFrame-T, fornece uma hierarquia de classes que abrange, além dos aspectos espaciais, os aspectos temporais e espaço-temporais dos objetos que constituem a realidade de um sistema de informação geográfica.

Quando tratamos de tempo em banco de dados, estamos nos referindo ao aspecto temporal no mundo real que pode ser capturado em um banco de dados. A modelagem conceitual dos dados deve ser capaz de capturar este aspecto para posterior implementação. Existem trabalhos que definiram requisitos para a modelagem de dados geográfica [1] e para os aspectos espaços-temporais destes dados, entre eles [6, 4,3]. O GeoFrame-T, apresentado neste artigo, busca contemplar estes requisitos. O objetivo deste artigo é apresentar a utilização do GeoFrame-T na modelagem de dados de casos práticos da realidade.

Na seção 2 deste artigo é apresentada a classe ObjetoTemporal que define a estrutura de tempo possível de ser representada no GeoFrame-T. Na seção 3 o *framework* conceitual temporal GeoFrame-T é apresentado. Um estudo de caso sobre abastecimento de água incluindo aspectos temporais é apresentado na seção

* Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq.

4 e outro sobre o controle da poluição ambiental é apresentado na seção 5. Finalmente, a seção 6 apresenta as conclusões obtidas sobre a representação do tempo em um modelo de dados conceitual e sobre a utilização do GeoFrame-T na prática.

2 O GeoFrame-T

Para ser um modelo conceitual espaço-temporal, o GeoFrame-T deve ter a capacidade de representar objetos **convencionais**, ou seja, objetos que não possuem aspectos espaciais nem temporais associados a si, objetos **espaciais**, que capturam a forma e a posição georreferenciada do objeto, objetos **temporais**, que mantêm a história do dado ao longo do tempo, e objetos **espaços-temporais**, que possuem tanto as características espaciais quanto as temporais associadas, sendo que a temporalidade está associada à forma e à posição do objeto espacial.

A proposta de extensão temporal ao *framework* conceitual GeoFrame, denominada GeoFrame-Temporal, ou simplesmente GeoFrame-T foi desenvolvida sob a nova versão do GeoFrame apresentada em [9] e expande alguns conceitos da TUML [10], adaptando-a para a visão espaço-temporal.

O modelo temporal proposto inclui o aspecto tempo no nível de atributos, objetos e relacionamentos. Considera o eixo do tempo como sendo **discreto** e apresenta-o de duas formas distintas e independentes: **linear** e **totalmente ordenado**, e **não-linear** e **ramificado**. Quando o tempo varia de forma linear, significa que todos os pontos na linha do tempo estão ordenados de forma sequencial. Assim, sendo t e t' dois pontos diferentes quaisquer e ' $<$ ' o operador de ordem de precedência temporal, apenas uma e somente uma das expressões é verdadeira: $t < t'$ ou $t' < t$. No entanto, quando o tempo varia de forma ramificada, significa que é possível que um objeto tenha mais de um passado e/ou mais de um futuro possíveis e o SGBD deve estar preparado para fazer o tratamento desta forma temporal. Uma consulta feita a um elemento que utiliza este tipo de tempo pode ter mais de um valor válido como resposta.

Além disso, utilizando os conceitos da TUML, o tempo é limitado nas extremidades pelos valores **beginning** e **forever** que representam respectivamente o menor valor e o maior valor possível no eixo do tempo. A primitiva **now** representa o tempo atual. O **creation time** do banco de dados (**ct**) é considerado como o menor valor possível de ser representado pelo tempo de transação. O valor **undefined** é utilizado quando não for definido um valor de tempo de validade ou tempo de transação para o

objeto temporal. Este permite diferenciar um objeto temporal que não tenha seus valores temporais definidos.

Para tornar possível a representação dos conceitos temporais no GeoFrame criou-se a classe OBJETOTEMPORAL, apresentada na figura 1. A classe OBJETOTEMPORAL é um agregado da classe OBJETOTEMPO que pode ter ou não instância da classe METADADOSTEMPORAIS associada a si. A classe METADADOSTEMPORAIS descreve os metadados da classe OBJETOTEMPO. Possui os seguintes atributos:

- ✗ SISTEMAREFERÊNCIA, que indica qual o sistema de referência temporal utilizado como base para os valores de tempo (Greenwich, GPS, referência local, UTC – *Universal Coordinated Time*);
- ✗ GRANULARIDADE, que especifica qual a granularidade do tempo para o modelo (mês, ano, dia, segundo, etc.);
- ✗ CALENDÁRIO, que define qual o tipo de calendário (convenção) que está sendo considerado para o tempo (Juliano, gregoriano, etc).

Outros atributos podem ser acrescentados a esta classe, sendo que os listados são apenas uma sugestão. Cabe a cada projetista de aplicação detalhar melhor esta estrutura conforme a sua necessidade.

A classe OBJETOTEMPO é uma generalização das classes ESTÁTICO e TIPOTEMPORAL, sendo que esta é especializada em TEMPOVALIDADE, TEMPOTRANSAÇÃO e BITEMPORAL. As classes a serem definidas a partir do GeoFrame podem variar em relação ao aspecto tempo, conforme os subtipos da classe OBJETOTEMPO e TIPOTEMPORAL. Assim, as classes possíveis de serem representadas no GeoFrame são:

- ✗ ESTÁTICO – significa que a classe não possui nenhuma variação temporal associada. São todas as classes do modelo para as quais não se deseja manter o histórico dos valores;
- ✗ TEMPOTRANSAÇÃO - quando é considerado o tempo em que foi feita a gravação da informação no banco de dados, mantendo-se a evolução das informações quanto ao seu registro na base de dado. A forma de variação do tempo é sempre linear;
- ✗ TEMPOVALIDADE – quando é considerado o tempo em que a informação é válida na realidade modelada. A forma de variação do tempo pode ser do tipo linear ou ramificada; e,
- ✗ BITEMPORAL – quando tanto o tempo de gravação (tempo de transação) quanto o tempo de validade são

considerados, herdando as características tanto da classe TEMPOTRANSAÇÃO quanto da classe TEMPOVALIDADE.

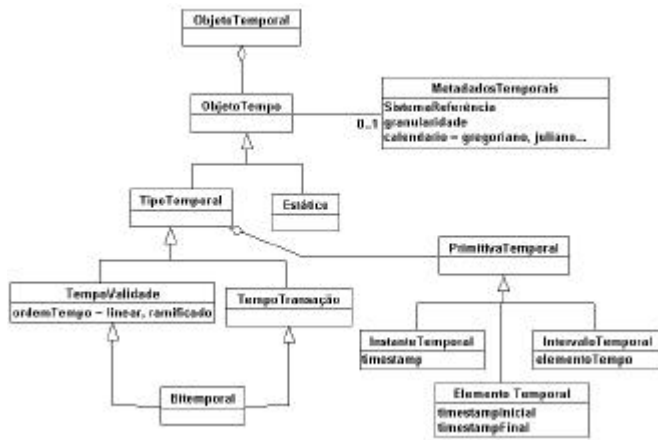


Figura 1 A classe ObjetoTemporal

A classe ESTÁTICO foi criada como um artifício a ser utilizado pelas classes que não terão os seus valores mantidos ao longo do tempo, já que era necessário representar no GeoFrame que as classes temporizadas herdam o aspecto temporal da classe OBJETOTEMPORAL. A solução encontrada foi à criação desta classe para que fosse possível generalizar também as classes atemporais de uma aplicação de SIG.

A classe TEMPOVALIDADE possui o atributo ORDEMTEMPO que define de que forma está sendo considerada a variação temporal. Esta pode assumir os valores: LINEAR e RAMIFICADO. Somente a representação do tempo de validade permite tempo ramificado, sendo o tempo de transação sempre considerado do tipo linear. Observando o diagrama da figura 1, verifica-se que a classe TIPOTEMPORAL é formada por PRIMITIVATEMPORAL. Assim, o tempo no GeoFrame-T pode ser representado através de:

1. INSTANTETEMPORAL quando é considerado apenas um ponto no tempo;
2. INTERVALOTEMPORAL quando temos um valor para o início e outro para o fim do intervalo de tempo de validade ou de transação de um elemento;
3. ELEMENTOTEMPORAL, que é a união de intervalos e instantes temporais de tempo de validade ou de tempo de transação.

Não é parte deste trabalho definir os métodos para as classes que definem os tipo de tempos permitidos para o GeoFrame-T. Porém, é importante lembrar que existem estudos quanto à lógica de intervalos temporais, sendo um

deles os operadores de Allen [8], que descrevem as operações possíveis entre intervalos temporais.

2.1 Os Estereótipos Temporais

Para facilitar o processo de modelagem foi definido um conjunto de estereótipos que servem para indicar explicitamente, nos elementos do modelo, qual tipo de tempo que está sendo aplicado ao mesmo. Como na TUML, a classe que define os estereótipos temporais especifica restrições para cada um dos tipos, que são aplicados aos elementos estereotipados por ela. Os estereótipos utilizados no GeoFrame-T estão representados na tabela 1.

	Instante de Tempo de Validade		Intervalo de Tempo de Validade
	Instante de Tempo de Transação		Intervalo de Tempo de Transação
	Instante Bitemporal		Intervalo Bitemporal
	Elemento de Tempo de Validade		Instante de Tempo de Validade Ramificado
	Elemento de Tempo de Transação		Intervalo de tempo de Validade Ramificado
	Elemento Bitemporal		Elemento de Tempo de Validade Ramificado
	Tempo Genérico		

Tabela 1 Os Estereótipos Temporais

Foi criado um estereótipo especial de tempo GENÉRICO que deve ser utilizado para indicar que o elemento possui algum tipo de tempo associado sem, no entanto, explicitar qual o tipo. Este estereótipo deve ser utilizado quando o projetista tem consciência que o elemento varia com o passar do tempo e que deve ter seus valores mantidos no SGBD, mas o projeto ainda não evoluiu o bastante para definir qual o tipo de tempo que será utilizado.

2.2 A Representação Temporal nos Elementos do Modelo

No GeoFrame-T, a inclusão do tempo nos objetos determina o seu ciclo de vida. Se for utilizado o tempo de validade, o ciclo de vida indica quando o objeto existe na realidade modelada. Se o tempo utilizado for o tempo de

transação, o ciclo de vida indica quando o objeto existe no banco de dados. Um exemplo sobre este aspecto é uma fábrica que passa a existir em uma determinada data e pode ser destruída/desativada em outra. Se for desejável manter a informação de quando esta fábrica existiu na realidade, é necessário que este objeto seja temporizado, caso contrário, o mesmo será excluído da base de dados no momento da sua “morte” não sendo possível saber se a mesma existe em algum momento na base de dados ou na realidade modelada.

No GeoFrame-T considera-se que se não for indicado explicitamente nos atributos quais os que variam com o tempo, todos os atributos da classe serão considerados temporizados. Assim, o estereótipo temporal na classe além de representar que esta tem uma existência, indica que suas características evoluem ao longo do tempo e que todos seus valores serão mantidos. Ao incluir estereótipos nos atributos, os demais atributos da classe que não possuem estereótipos temporal associado são considerados como estáticos, ou seja, ao haver alteração de seu valor o valor anterior não é mantido. Caso a classe não possua estereótipos e os atributos possuem estereótipo a classe é dita temporal conforme o elemento temporal indicado no atributo.

Incluir tempo no atributo de uma classe significa manter o registro de todos os valores que o atributo possui durante o ciclo de vida do objeto. É através deste recurso que é possível guardar o histórico das características do objeto ao longo do tempo. Dizer que um atributo varia no tempo, significa dizer que os valores de domínio deste atributo possuem um rótulo temporal associado (tempo de transação, tempo de validade). Por exemplo, ao considerarmos que o atributo *nome: string* é temporal, quer dizer que, os valores possíveis para ele formam um conjunto finito de pares $\langle (string, tempo) \rangle$, tal como $\{(s_1, t_1), (s_2, t_2), (s_3, t_3), \dots (s_n, t_n)\}$, onde t_1, \dots, t_n são possivelmente *timestamps* e s_1, \dots, s_n são valores válidos de *string*.

Além de classes e atributos temporizados, existe a necessidade de incluir o tempo nos relacionamentos. Diz-se que um relacionamento é temporal se ele mantém ao longo do tempo as diversas instâncias do relacionamento entre os objetos. No GeoFrame-T é possível ter os seguintes tipos de relacionamentos:

- ✗ **estático**, onde não é guardado o registro das associações ao longo do tempo. Uma associação estática pode ser definida entre classes estáticas ou temporizadas, podendo ser feitas todas as combinações possíveis;

- ✗ **por tempo de transação**, que mantém o histórico das associações entre os objetos utilizando um intervalo de tempo de transação;
- ✗ **por tempo de validade**, que mantém o histórico das associações entre os objetos utilizando um intervalo de tempo de validade;
- ✗ **bitemporal**, que possui um estereótipo próprio que indica que é mantido o histórico das associações tanto por tempo de transação quanto por tempo de validade.

A figura 2 exemplifica este novo elemento do modelo GeoFrame-T. A existência de um relacionamento temporizado entre a classe *LoteTerra* e a classe *Proprietária* mantém a história de todos os proprietários do lote de terra e o intervalo em que esta relação de propriedade ocorreu.

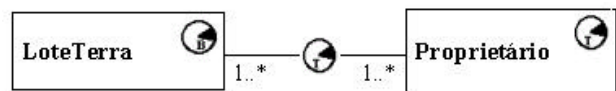


Figura 2 Exemplo de relacionamento temporal

Com o exemplo é possível manter o histórico das relações existentes entre o objeto *LoteTerra* e *Proprietário*, de tal modo que é possível saber um determinado intervalo, quem era o(s) proprietário(s) de um determinado lote de terra. A figura 3 exemplifica como são mantidos os relacionamentos no banco de dados, para a seguinte situação:

1. no instante t_1 , temos o lote L1 como sendo de propriedade do proprietário P1 e P2, e o lote L2 tem proprietário P3;
2. no instante t_2 , o proprietário P1 torna-se único proprietário do lote L1;
3. em t_3 , o proprietário P2 adquire o lote L2 de P3.

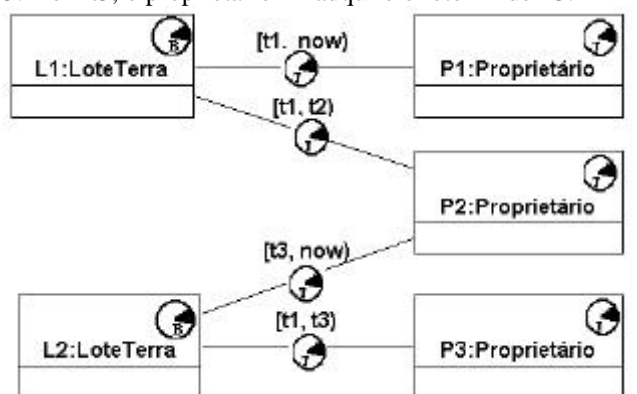


Figura 3 Exemplo de instâncias do relacionamento temporal

3 O GeoFrame-T

As classes que do GeoFrame-T que suportam o tempo são: OBJNÃO GEOGRÁFICO, FENÔMENO GEOGRÁFICO, REPRESENTAÇÃO CAMPO, OBJETO ESPACIAL e RELACIONAMENTO, como pode ser observado na figura 4.

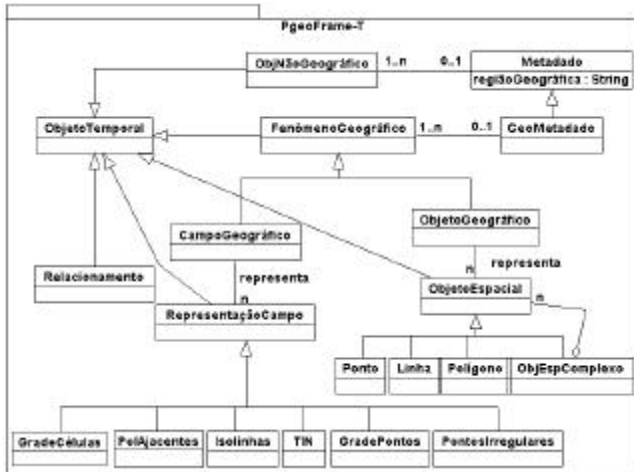


Figura 4 O GeoFrame-T

A classe OBJNÃO GEOGRÁFICO representa todas as classe em uma modelagem de uma aplicação de SIG que não possuem referência espacial, como por exemplo, proprietários de um lote de terra. Este tipo de classe deve ser capaz de suportar a dimensão tempo, pois se pode desejar manter as informações históricas a respeito do proprietário permitindo que seja possível fazer uma consulta que verifique se em algum período de tempo um determinado proprietário possuiu algum lote de terra, mesmo que no momento atual, este proprietário já não tenha nenhum lote como sua propriedade. Em uma outra situação, pode-se desejar manter todos os valores sobre a renda anual de um proprietário, representado pelo atributo `rendaAnual` da classe `Proprietário`, ao longo do ciclo de vida deste objeto.

A classe FENÔMENO GEOGRÁFICO também deve suportar temporalidade, pois esta é a única forma de mantermos as informações descritivas históricas de um determinado objeto georreferenciado.

A classe REPRESENTAÇÃO CAMPO e OBJETO ESPACIAL devem ser capazes de representar o tempo, pois são estas as classes que dão a dimensão espacial a um CAMPO GEOGRÁFICO e a um OBJETO GEOGRÁFICO respectivamente, ambas são as representações espaciais de Fenômeno Geográfico. Assim, para que seja possível manter informações sobre a posição e a forma espacial de um FENÔMENO GEOGRÁFICO estas classes devem ser temporais.

Quando não se deseja armazenar informações de um objeto a ser modelado diz-se que o mesmo é **estático**, ou seja, é uma especialização da classe estática e não agrega nenhum rótulo temporal a si. A forma de representar, na modelagem de dados, que o objeto possui temporalidade associada a si é através da utilização dos estereótipos temporais. A ausência de estereótipo temporal associado à classe significa que a mesma é do tipo estático.

A classe RELACIONAMENTO representa todo e qualquer relacionamento entre as classes a serem modelados a partir do GeoFrame-T, inclusive os próprios relacionamentos REPRESENTA que determina qual o tipo de espacialidade está associada a um fenômeno geográfico. A classe RELACIONAMENTO é apresentada na figura 5. Consideram-se instâncias da classe RELACIONAMENTO todos os relacionamentos estáticos e não espaciais existente entre as classes modeladas a partir do GeoFrame. Os relacionamentos temporais considerados atualmente são: os de tempo de validade, os de tempo de transação e os bitemporais. Eles somente ocorrem entre classes que também possuam a representação do tempo associada.

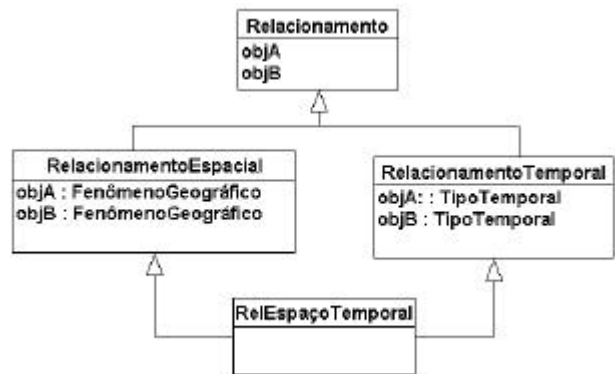


Figura 5 A classe relacionamento no GeoFrame-T

A figura 6 apresenta parte da modelagem feita sobre os impactos negativos que uma unidade de conservação ambiental pode sofrer. Uma unidade de conservação ambiental é qualquer área ambiental que foi definida por lei como área de proteção ambiental devido a especificidade de sua natureza. Possui um órgão responsável e é classificada conforme a sua vulnerabilidade aos ataques de deterioração ambiental que pode sofrer. É mantido um cadastro identificando os danos causados a unidade de conservação por um determinado agente agressor. É importante que se mantenham, ao longo do tempo, as ocorrências de impacto negativo, não sendo perdida nenhuma das suas informações. Quando desejamos dizer que uma classe geográfica deve manter a evolução sobre a sua espacialidade, o estereótipo temporal deve estar unido ao estereótipo espacial, como ocorre na

classe IMPACTONEGATIVO da figura 6. Quando não se deseja guardar a variação temporal do espaço, os dois estereótipos estão separados, como ocorre na classe UNIDADECONSERVAÇÃO.

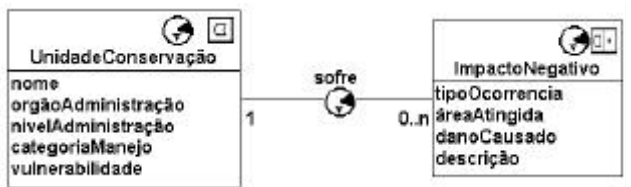


Figura 6 Exemplo de Modelagem usando o GeoFrame-T

A figura 7(a) mostra como fica o relacionamento REPRESENTA entre a classe OBJETO GEOGRÁFICO e a classe OBJETO ESPACIAL quando da inclusão da dimensão tempo. Esta representação indica que a classe foi modelada utilizando o GeoFrame-T e que esta é uma especialização da classe TEMPOVALIDADE com representação de período de tempo e possui a forma espacial de linha. Sendo que, as variações da forma espacial devem ser mantidas ao longo do tempo.

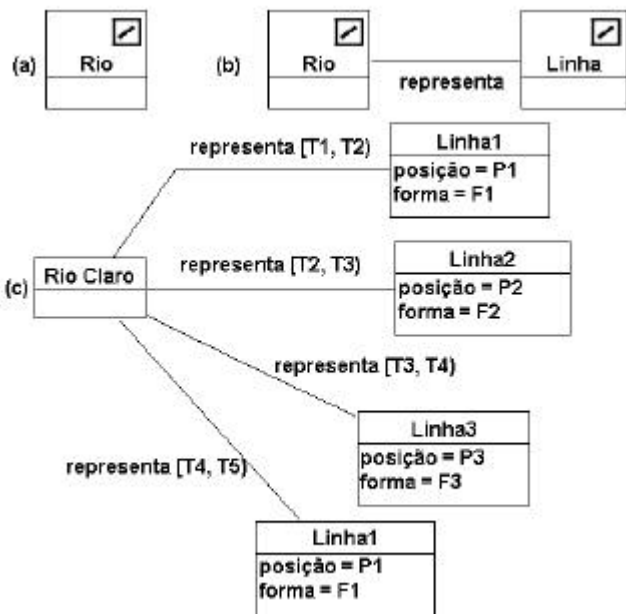


Figura 7 Exemplo do relacionamento ‘representa’

A figura 7(b) mostra explicitamente como a temporalidade está sendo considerada na representação 7(a), ou seja, a classe temporal Rio está associada com sua forma espacial de linha via relacionamento REPRESENTA temporizado. Esta associação temporal com a sua representação espacial é substituída na modelagem com o GeoFrame-T pela utilização do estereótipo temporal e espacial unidos. A figura 7(c) mostra uma instância da classe Rio e as várias instâncias com a descrição dos aspectos espaciais variando ao longo do tempo, ou seja,

como se expressa à variação espaço-temporal das instâncias da classe Rio modelada com o GeoFrame-T.

4 Estudo de Caso - Abastecimento de Água

Um dos estudos de caso escolhido para a modelagem de dados, trata do sistema de abastecimento de água de um município qualquer. Um município capta água a partir de uma barragem de abastecimento de água ou diretamente de um rio ou algum outro tipo de recurso hídrico. O local de captação de água é pontual e a água captada vai direto para uma estação de tratamento d’água. Periodicamente é feita coleta de amostra de água para verificar a qualidade da água que abastece e que sai da estação de tratamento d’água. Estudos sobre qualidade da água são desenvolvidos a partir destas amostragem. É necessário controlar o volume de água da barragem, bem como a capacidade de vazão da mesma. Este valores são medidos periodicamente e é feito um estudo para controle do consumo e capacidade de abastecimento da barragem. A figura 8 apresenta a modelagem deste sistema de abastecimento de água.

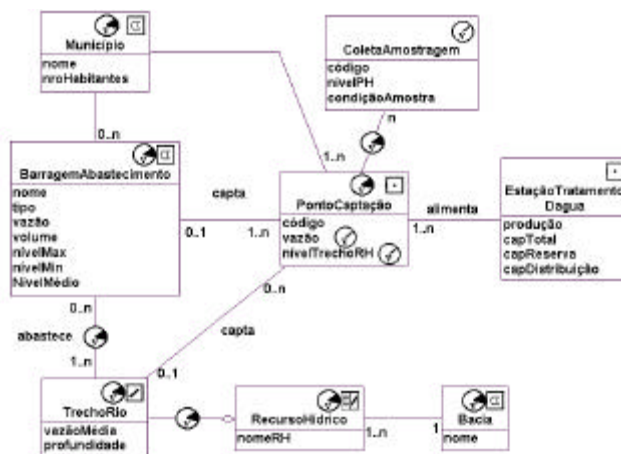


Figura 8 Modelagem sobre o Abastecimento de Água

Como pode ser observado, a classe PontoCaptação possui um estereótipo de intervalo de tempo de validade associado, indicando que a mesma tem um ciclo de vida definido por um intervalo que determina quando o ponto de captação é válido na realidade modelada. Seus valores de vazão e nívelTrechoRH são mantidos para o período que o ponto existe na realidade. Os valores mantidos para estes dois atributo são pontuais no tempo, ou seja, foram determinados em um instante de tempo de validade. Observa-se ainda, que o estereótipo temporal está desassociado do estereótipo espacial, indicando que se o ponto trocar de posição, a posição anterior não é mantida, pois na prática quando um ponto troca de posição, já não é mais considerado como o mesmo ponto de captação. Quanto à classe BarragemAbastecimento pode-

se dizer que são mantidas as diversas formas que a mesma possui ao longo do ciclo de vida de tempo de validade desta e que apenas os atributos de vazão e volume possuem seus valores mantidos ao longo do ciclo de vida da classe, sendo que os mesmos são do tipo instante de tempo de validade.

Um recurso hídrico é formado por trechos de recurso hídrico, por exemplo, um rio é formado por um conjunto de trechos de rio. Esta relação está modelada no nosso estudo de caso como a classe **RecursoHídrico** sendo um agregado de **TrechoRH**. Como ambas as classes estão temporizadas e seu estereótipo está ligado ao estereótipo espacial, as várias formas que o rio tem ao longo do seu ciclo de vida de tempo de validade são mantidas. Uma agregação temporal existente entre estas duas classes indica que a classe composta é formada pelas classes componentes que estão inclusas no ciclo de vida da classe composta. Como a temporalidade de ambas as classes envolve seu aspecto espacial, o mesmo ocorre na agregação, onde o aspecto espacial da agregação é considerado temporalmente. Uma coleta de amostra de água feita em um ponto de captação tem o ciclo de vida de tempo de validade de instante de tempo, ou seja, os valores do objeto existem apenas para aquele instante de tempo na realidade. A temporalidade nesta situação serve para indicar o instante que o objeto existe na realidade modelada e que o mesmo não pode ser excluído da base de dados.

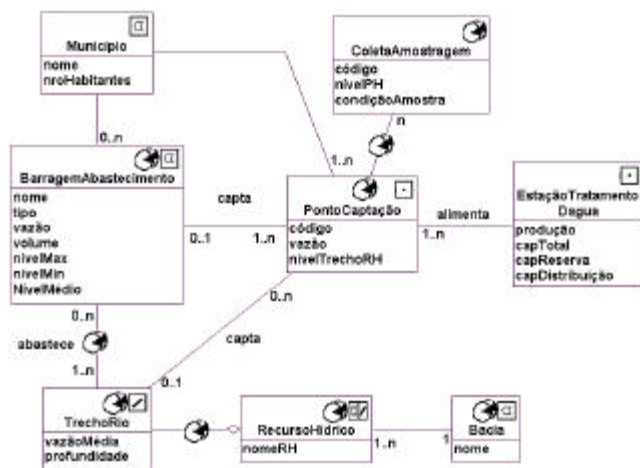


Figura 9 Previsões sobre o Abastecimento de Água

Uma barragem é abastecida por pelos menos um trecho de recurso hídrico. Um trecho de recurso hídrico pode ou não abastecer uma barragem. Como existem períodos de estiagem onde um rio perde volume de água e muitas vezes seca em alguns trechos, o abastecimento de uma barragem também sofre essa sazonalidade. O

relacionamento **abastece** existente entre **TrechoRH** e **BarragemAbastecimento** é temporal, pois indica em quais períodos de tempo este abastecimento realmente ocorre.

Se desejássemos fazer previsões quanto à capacidade de abastecimento da barragem e de seus recursos hídricos abastecedores, deveria ser feita a modelagem como mostra a figura 9 onde é considerado tempo ramificado para as classes e relacionamentos envolvidos, de forma que o sistema poderia ser alimentado com valores fictícios que permitam fazer previsões.

5 Estudo de Caso - Controle da Poluição Ambiental

Uma atividade antrópica é qualquer atividade produzida pelo homem. Nesta modelagem são consideradas as atividades que produzem poluição atmosférica e/ou lançam resíduos na água, como por exemplo, uma indústria, um curtume, etc. Assim, uma atividade antrópica tem associada a ela pelo menos um ponto para coleta de amostra, sendo que este ponto pode ser para coleta de ar, coleta de água, ou controle pluviométrico. Estes pontos registram a quantidade de poluentes lançados no meio ambiente sendo feita periodicamente amostragem destes lançamentos. São consideradas para cada amostragem, as condições em que a mesma foi adquirida.

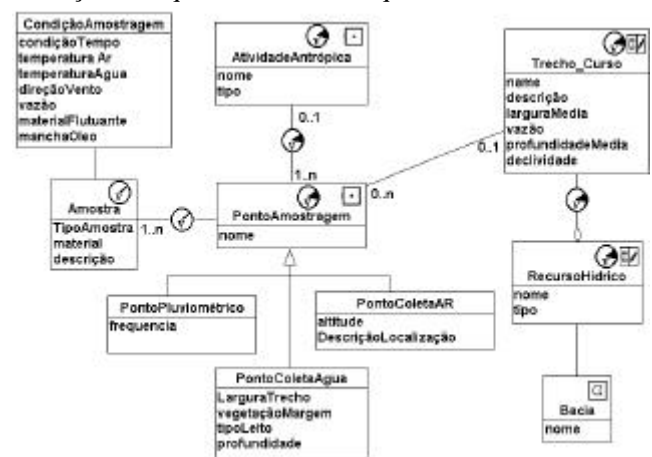


Figura 10 Controle da Poluição Ambiental

Esta modelagem considerou desejável manter as amostras feitas em um ponto de amostragem. Isto está modelado no relacionamento temporal existente entre **Amostra** e **PontoAmostragem**. Um ponto de amostragem está associado a uma atividade antrópica ou a um trecho de recurso hídrico. Como é interesse saber todos os pontos de amostragem vinculados a uma atividade antrópica com suas respectivas amostras, o relacionamento existente entre **PontoAmostragem** e **AtividadeAntrópica**

também é temporal. Desta forma pode ser feito um controle efetivo da poluição que uma determinada atividade produziu ao longo do seu ciclo de vida.

6 Conclusões

Na fase da modelagem conceitual o importante é poder expressar graficamente a realidade. Como a realidade de um SIG envolve a dimensão tempo e a dimensão espaço, temos um grande número de informações a ser modelada, o que tende a tornar a modelagem um tanto complexa. A utilização de símbolos (estereótipos) é um caminho interessante para introduzir visualmente estas dimensões, permitindo uma representação simbólica mais rica. Para que um modelo de dados suporte o aspecto temporal este deve apresentar construções que indiquem onde, no diagrama de classes, estes aspectos podem ser capturados. O GeoFrame-T inclui a dimensão temporal no nível de atributo, objeto (classe) e relacionamentos, uma vez que estas três dimensões expressam níveis diferentes de representação da realidade modelada e o tempo se manifesta em cada um destes.

Um conjunto de estereótipos temporais foi descrito permitindo que na modelagem conceitual dos dados fosse possível identificar quais os elementos representados possuem ou não capacidade temporal. Foi adotada esta solução por entender-se que era a mais simples e visual existente, permitindo uma identificação dos elementos temporais de forma fácil e direta. Esta solução acompanha a idéia original do GeoFrame de modelo conciso e claro.

Apesar de o tempo sempre fazer parte de nossas vidas, a sua representação em sistemas computacionais não é algo trivial. Diferentemente da dimensão espacial que se configura numa dimensão concreta, a dimensão tempo é muito mais percebida que sentida. A única maneira para podermos expressá-lo é através de medidas convencionais. Assim, um conjunto de conceitos foi descrito pela comunidade de banco de dados com o objetivo de descrever o tempo [7] e especificar quando a informação é capturada e armazenada no banco de dados. São inúmeros conceitos para definir o indefinido. Como incluir a dinâmica dos fenômenos geográficos em um modelo estático de representação dos dados, como é o diagrama de dados da UML, utilizado como base para o *framework* conceitual GeoFrame? É o que este trabalho apresentou.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Cirano Iochpe, coordenador do projeto SIGMoDa do Instituto de Informática da UFRGS, por viabilizar os contatos para os estudos de casos

descritos. À Secretaria Executiva do Programa Pró-Guaíba, subordinada à Secretaria da Administração e Planejamento estado do RS, na pessoa do Sr. Paulo Alves (assessor técnico) por permitir-me acompanhar a remodelagem dos dados do projeto SIGPROGB - Sistema de Informação Geográfica do Pró-Guaíba. Em especial, a técnica Iria Garaffa principal envolvida neste processo.

References

- [1] LISBOA FILHO, Jugurta. **Projeto Conceitual de Banco de Dados Geográficos através da Reutilização de Esquemas, utilizando Padrões de Análise e um Framework Conceitual**. Porto Alegre: PGCC da UFRGS, 2000. Tese de Doutorado.
- [2] LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C. Specifying Analysis Patterns for Geographic Databases on the Basis of a Conceptual Framework. In: ACM SYMPOSIUM ON ADVANCES IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, 7., 1999, Kansas City, USA. **Proceedings...** Kansas City: ACM Press, 1999. p.7-13.
- [3] ROCHA, L. V.; Edelweiss, N. **GeoFrame-T: um framework** conceitual temporal para aplicações de Sistemas de Informação Geográfica. Porto Alegre: PGCC da UFRGS, 2001. Dissertação de Mestrado.
- [4] PFOSER, D.; TRYFONA, N. **Requirements, Definitions and Notations for Spatiotemporal Applications**. Denmark: Department of Computer Science, Aalborg University, 1998. (Technical Report CH-98-09).
- [5] BOOCH, G.; JACOBSON, Y.; RUMBAGH, J. **The Unified Modeling Language User Guide**. Menlo Park: Addison-Wesley, 1999.
- [6] ABRAHAM, T.; RODDICK, J.F. Survey of Spatio-Temporal Databases. **Geoinformática**, Boston, v.3, n.1, p.61-99, 1999.
- [7] JENSEN, C.S. et al. The Consensus Glossary of Temporal Database Concepts – February 1998 Version. In: Etzion, O.; Jajodia, S.; Sripada, S. **Temporal Databases: research and practice**. Berlin: Springer-Verlag, 1998. p.367-405. (Lectures Notes in Computer Science, v.1399).
- [8] ALLEN, J. Maintaining Knowledge about Temporal Intervals. **Communications of the ACM**, New York, v.26, n.11, p.832-843, 1983.
- [9] ROCHA, L.V.; IOCHPE, C.; EDELWEISS, N. O **Framework** Conceitual GeoFrame - versão 2.0. 2001. Relatório de Pesquisa. PPGC da UFRGS. (RP-309).
- [10] SVINTERIKOU, M.; THEODOULIDIS, B. **The Temporal Unified Modelling Language (TUML)**. Manchester: Department of Computation, UMIST, UK, 1997. (Timelab Technical Report TR97-1).