

**SEMINÁRIO DE PESQUISA EM ONTOLOGIA NO BRASIL**  
**11 E 12 de Julho**  
**Universidade Federal Fluminense • Departamento de Ciência da Informação**  
**Niterói • Rio de Janeiro • Brasil**

**Esta comunicação está sendo submetida sob o**  
[ x] **Tema 3** – Aplicações com enfoque em Ontologias

PROJETO PETROGRAPHER: CONSTRUÇÃO DE ONTOLOGIAS  
DE DOMÍNIO PARA GEOLOGIA DE PETRÓLEO

***PETROGRAPHER PROJECT: BUILDING DOMAIN ONTOLOGIES  
FOR PETROLEUM GEOLOGY***

Mara Abel (PPGC/UFRGS, marabel@inf.ufrgs.br)  
Laura Mastella (ESNMP, França, Laura.MASTELLA@ifp.fr)  
Carlos Eduardo Santin (PPGC/UFRGS, cesantin@inf.ufrgs.br)  
Sandro Rama Fiorini (PPGC/UFRGS, srfiorini@inf.ufrgs.br)  
Luiz Fernando De Ros (PGGP/UFRGS, lfderos@inf.ufrgs.br)  
Karin Goldberg (PGGP/UFRGS, karin\_goldberg@yahoo.com)

**Resumo:** *Ontologias de domínio mostram-se abordagens poderosas para a captura do conhecimento estratégico e tem sido grandemente estudadas no domínio da Geologia de Petróleo. Geólogos aplicam múltiplas formas de conhecimento na solução de problemas, dos quais o conhecimento visual mostra-se o mais importante nas tarefas de interpretação, porém é de difícil captura pelos construtos ontológicos existentes. Propomos neste trabalho a definição de primitivas de representação de conhecimento visual em três níveis de abstração, mantendo o ancoramento simbólico dos conceitos entre os níveis. Propomos ainda primitivas para a construção de ontologias temporais para a identificação de seqüências de eventos sem rótulo de tempo. Os resultados deste projeto foram implementados em um sistema para descrição petrográfica e análise de qualidade de rochas-reservatórios*

**Palavras-chave:** Ontologias para conhecimento visual, ontologia de eventos, Geologia de Petróleo

**Abstract:** *Domain ontologies have shown a powerful approach for capturing strategic knowledge and is being studied in the Petroleum Geology domain. Geologists apply multiple types of knowledge for problem solving, the visual knowledge being the most important for interpretation task even being hard of representing by ontological primitives. We have proposed the definition of representational primitives of visual knowledge in three levels of abstraction, keeping the symbolic anchor between levels. We have also introduced primitives for temporal ontologies to support the identification of sequences of non-time labeled events. The results of this project were implemented in a petrographic system to support the description and interpretation of reservoir rocks.*

**Keywords:** *Ontologies for visual knowledge, event ontology, petroleum geology.*

# Projeto PetroGrapher: Construção de Ontologias de Domínio para Geologia de Petróleo

**Resumo:** *Ontologias de domínio mostram-se abordagens poderosas para a captura do conhecimento estratégico e tem sido grandemente estudadas no domínio da Geologia de Petróleo. Geólogos aplicam múltiplas formas de conhecimento na solução de problemas, dos quais o conhecimento visual mostra-se o mais importante nas tarefas de interpretação, porém é de difícil captura pelos construtos ontológicos existentes. Propomos neste trabalho a definição de primitivas de representação de conhecimento visual em três níveis de abstração, mantendo o ancoramento simbólico dos conceitos entre os níveis. Propomos ainda primitivas para a construção de ontologias temporais para a identificação de seqüências de eventos sem rótulo de tempo. Os resultados deste projeto foram implementados em um sistema para descrição petrográfica e análise de qualidade de rochas-reservatórios*

**Palavras-chave:** Ontologias para conhecimento visual, ontologia de eventos, Geologia de Petróleo

**Abstract:** *Domain ontologies have shown a powerful approach for capturing strategic knowledge and is being studied in the Petroleum Geology domain. Geologists apply multiple types of knowledge for problem solving, the visual knowledge being the most important for interpretation task even being hard of representing by ontological primitives. We have proposed the definition of representational primitives of visual knowledge in three levels of abstraction, keeping the symbolic anchor between levels. We have also introduced primitives for temporal ontologies to support the identification of sequences of non-time labeled events. The results of this project were implemented in a petrographic system to support the description and interpretation of reservoir rocks.*

**Keywords:** Ontologies for visual knowledge, event ontology, petroleum geology.

## 1. Ontologias de Domínio e Modelos de Conhecimento

Modelos de conhecimento demandam grande esforço no seu desenvolvimento, validação e manutenção. Esse esforço é plenamente recompensado quando o modelo gerado atende o suporte ao raciocínio e quando os custos do desenvolvimento podem ser divididos pela reutilização em outras aplicações. A abordagem de ontologias trouxe à área da Ciência da Computação uma solução para a necessidade da formalização dos modelos de conhecimento em formatos e conteúdos independentes da aplicação buscando assim seu compartilhamento e reusabilidade.

Gómez-Perez e colegas em [1] descrevem que ontologias de representação propõem primitivas de modelagem capazes de representar o significado dos conceitos. Por sua vez, ontologias de domínio propõem a formalização de conceitos restritos a um determinado domínio de aplicação com o objetivo de compartilhar seus significados. Na área de ontologias, o Projeto PetroGrapher realizou contribuições no desenvolvimento de ontologias de domínio e de extensões às primitivas de modelagem das ontologias de representação existentes com o objetivo de desenvolver

modelos de conhecimento completamente operacionais para dar suporte a métodos de raciocínio voltados à interpretação geológica.

Ontologias de domínio diferem de modelos de conhecimento mais por sua finalidade e restrições do que por sua estrutura interna. Um modelo de conhecimento se propõe a capturar o conhecimento necessário à solução de um problema ou de uma classe restrita de problemas. Com o foco neste objetivo, o conhecimento é adquirido de uma ou poucas pessoas que o dominam, normalmente um especialista no problema em questão. A formalização, onde conceitos abstratos e instâncias do conhecimento se misturam, tem como foco a implementação que favoreça o processamento do raciocínio. Desta forma modelos de conhecimento são construídos voltados ao método de solução de problemas eliciado do especialista e, portanto, são fortemente conectados ao sistema de conhecimento que os executam.

Ontologias de domínio, por sua vez, têm por objetivo a captura de um conhecimento consensual, não individual, para que seja formalizado e compartilhado em uma comunidade de interesse, minimizando as ambigüidades do domínio. Desta forma, os modelos ontológicos descrevem conceitos abstratos, mas não instâncias de domínio. São fortemente independentes de implementação e suas linguagens buscam um formalismo rico o suficiente para expressar a semântica dos conceitos mas capaz de ser processado e reutilizado por muitos tipos diferentes de sistemas.

Muitas ontologias de domínio têm sido construídas com o objetivo inicial de dar suporte a *métodos de solução de problemas* e dessa forma, construir sistemas de conhecimento com bases reutilizáveis, como é o foco deste projeto. Ontologias de domínio e métodos de solução de problemas representam respectivamente os componentes declarativo e inferencial do conhecimento e são abordagens complementares na construção de sistemas de conhecimento [2].

## **2. Ontologias de representação para domínios de raciocínio baseado em imagens**

A exploração de petróleo compartilha suas características com muitos outros domínios naturais no que se refere à solução de problemas [3]: (1) demanda altos níveis de perícia; (2) baseia-se na integração de diferentes tipos de conhecimento; (3) o conhecimento possui um forte componente visual que se constitui em conhecimento tácito (não-consciente) do tomador de decisão, normalmente incapaz de externalizá-lo

de forma conceitual; e (4) a ontologia de comunicação utilizada pelo tomador de decisão é distinta daquela que dá suporte ao raciocínio. Quando necessário explicar seu raciocínio, as evidências visuais são decompostas em evidências mais simples, cuja terminologia faz parte da ontologia de domínio.

O conjunto de primitivas de representação formalmente definidas e parcialmente implementado em linguagens ontológicas mostra-se insuficiente para representar muitos dos conceitos e tipos de relações necessários para expressar conhecimento em domínios naturais. Noções de tempo, relações espaciais e objetos visuais, cujas primitivas foram propostas neste projeto, são componentes essenciais do conhecimento geológico.

Geólogos retêm um grande conjunto de abstrações simbólicas de imagens, denominados em [3] de *pacotes visuais*. Os pacotes visuais agregam conjuntos de feições que, juntas, ganham um significado especial e disparam processos de raciocínio. Pacotes visuais permitem a ligação entre os dois níveis de representação: o nível da externalização, onde a ontologia de domínio permite a comunicação entre geólogos compartilhando conceitos da Petrografia Sedimentar, e o nível da inferência, cujos objetos visuais possuem uma representação interna nem sempre passível de ser externalizada através de conceitos da ontologia (Fig 1).

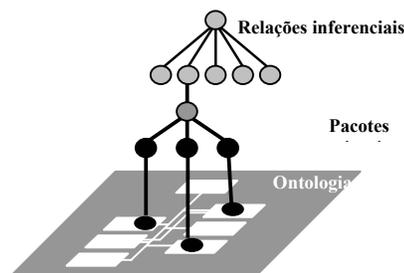


Figura 1 – Representação mental dos conceitos visuais ocorre num nível diferente do nível da comunicação.

Com o objetivo de permitir uma representação conceitual dos pacotes visuais, que permitam seu compartilhamento e construção de sistemas especialistas, este projeto propõe a decomposição dos objetos em diferentes níveis de abstração, definindo construtos de representação visual reusáveis para cada um dos níveis [4], garantindo a correspondência entre esses objetos através da noção de ancoramento simbólico proposto anteriormente por [5]. A ontologia de domínio corresponde ao nível semântico, com a representação dos objetos visuais, tais como *grão*, *poro*, *falha geológica*. No nível visual, são descritos os objetos da ontologia como percebidos

geometricamente pela maioria das pessoas, com os conceitos de forma (*polígono, curva, reta*) e as relações espaciais (*em cima, dentro, ao redor, etc.*). No nível analógico, mais próximo da imagem, a ontologia é construída com conceitos como *ponto* e *conjunto de pontos* (para representações gráficas de objetos ou imagens sísmicas).

Essa abordagem permite o compartilhamento do conhecimento em cada um dos níveis conceituais e a construção de métodos de raciocínio que identificam objetos em uma imagem e permitem gerar interpretações em níveis cada vez mais elevados de perícia, tais como extrair o grau de compactação de rochas-reservatório, implementado neste projeto.

### 3. Construtos ontológicos para representação de seqüência de eventos

Uma ontologia temporal é uma especificação de uma conceitualização do domínio acrescida dos aspectos de tempo sobre os objetos do domínio. Este trabalho propõe uma extensão de uma ontologia de representação de conhecimento com construtos temporais, ou seja, estender um modelo de conceitualização de domínios, que descreve feições e associação entre feições com os construtos necessários para se representar eventos: (i) o construto *evento* (que define um evento como um acontecimento que pode alterar objetos do domínio) e (ii) o construto *relação-temporal* (que define uma relação de tempo entre os eventos) (Fig. 2).

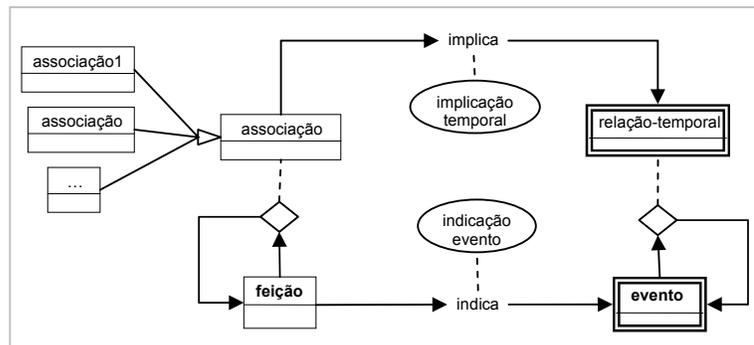


Figura 2 - Ontologia de representação de conhecimento que propõe construtos para representar eventos e relações de ordem [7].

Essas primitivas, associadas a primitivas de relações espaciais, permitem modelar os pacotes visuais como associações entre feições, eventos geradores dos mesmos e relações temporais entre eventos que não possuem de tempo. Esse modelo permite suporte ao método de solução de problemas para extração de seqüências de eventos aplicado à interpretação da história diagenética de reservatórios siliciclásticos [6].

#### 4. Conclusão

Ontologias de domínio mostram-se abordagens poderosas para a captura do conhecimento estratégico, sua apropriação e compartilhamento. Em domínios complexos como a Geologia de Petróleo, faz-se necessária a expansão dos formalismos de representação para capturar e utilizar o conhecimento em sistemas. Propomos neste trabalho a criação de construtos específicos para tratar conhecimento visual: os *pacotes visuais*, que devem ser decompostos em primitivas de representação e relações espaciais cada vez menos abstratas, com linguagens ontológicas próprias a cada nível, porém mantendo a identidade entre os objetos desde o nível do conhecimento até o objeto físico.

Também propomos construtos específicos para uma ontologia de eventos sem rótulos de tempo, que permitem oferecer representação e suporte ao raciocínio temporal. Uma implementação dessa proposta permite interpretar a seqüência diagenética de rochas-reservatório siliciclásticas.

As aplicações aqui mencionadas foram incorporadas ao Sistema PETROLEDGE, que deu origem à empresa ENDEEPER ([www.endeeper.com](http://www.endeeper.com))

**Agradecimentos:** O Projeto PetroGrapher iniciou em 1996 e foi encerrado em 2006. Neste período, recebeu os seguintes financiamentos: FAPERGS, Programa de Fortalecimento da Pesquisa em Informática (Edital 09/96); FINEP/FNDCT – CTPETRO (Edital 03/2000); CTPETRO-CNPQ (Edital 2003); FINEP-FAPERGS Programa PAPPE (Edital 002/2004), além de bolsas de Iniciação Científica dos programas CNPQ-UFRGS – PIBIC e FAPERGS.

#### 5. Referências

1. Gómez-Pérez, A., M. Fernández-López, and O. Corcho, *Ontological Engineering*, ed. X. Wu and L. Jain. 2004, London: Springer. 403.
2. Gómez-Pérez, A. and V.R. Benjamins, *Overview of knowledge sharing and reuse components: Ontologies and problem-solving methods*, in *International Joint Conference on Artificial Intelligence(IJCAI-99), Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods (KRR5)*, V.R. Benjamins, et al., Editors. 1999: Stockolm, Sweden.
3. Abel, M., *Estudo da perícia em petrografia sedimentar e sua importância para a engenharia de conhecimento*, in *Programa de PG em Computação*. 2001, UFRGS: Porto Alegre. p. 239.
4. Santin, C.E., *Construtos Ontológicos para Representação Simbólica de Conhecimento Visual, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Computação*. 2007, UFRGS: Porto Alegre. p. 88.
5. Coradeschi, S. and A. Saffiotti., *An introduction to the anchoring problem*. Robotics and Autonomous Systems, 2003. **43**(2-3): p. 85-96.
6. Mastella, L.S., M. Abel, L.C. Lamb, and L.F. De Ros. *Cognitive Modelling of Event Ordering Reasoning in Imagistic Domains*. in *International Joint Conference in Artificial Intelligence*. 2005. Edimburgh.
7. Mastella, L., *Um modelo de conhecimento baseado em eventos para aquisição e representação de seqüências temporais em Petrografia Sedimentar, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação*. 2004, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre.