

Web Semântica

Vanessa Braganholo

braganholo@dcc.ufrj.br

Roteiro

- Web Semântica
- RDF e RDF(S)
- OWL

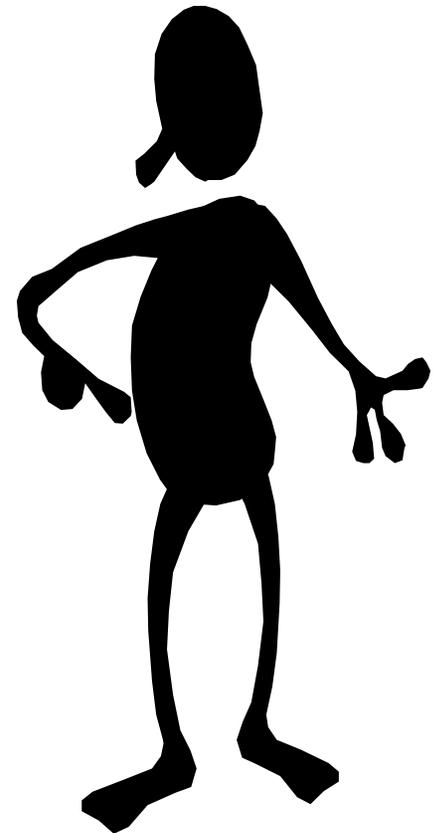
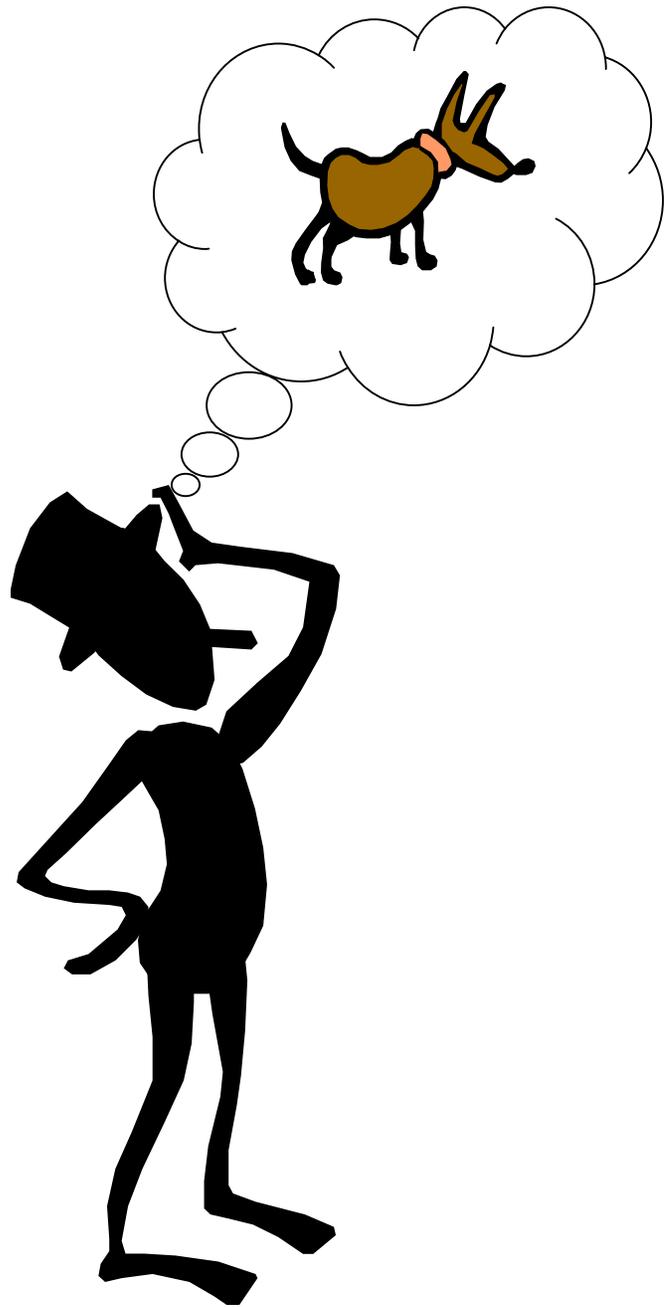
Web Semântica

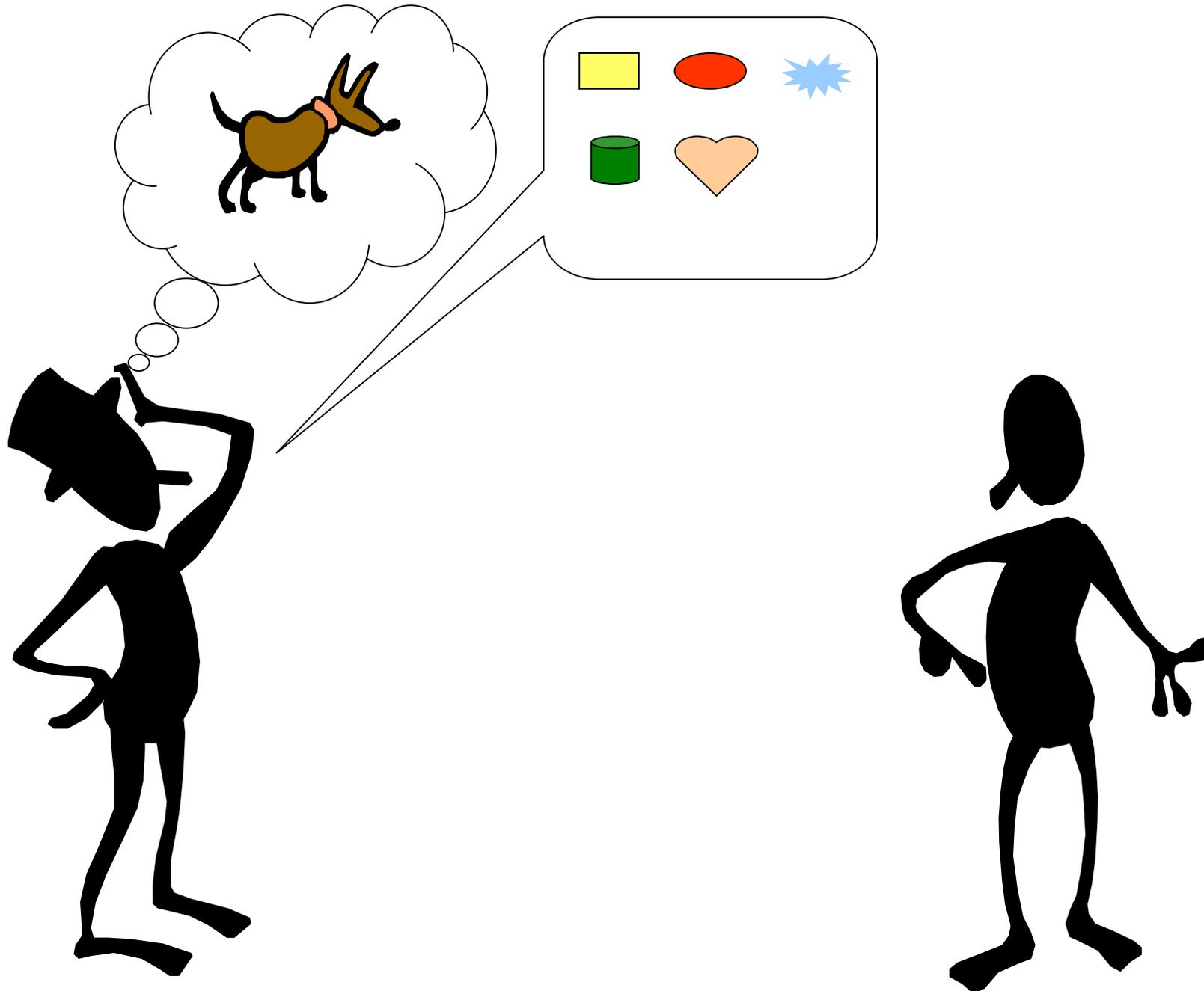
Material:

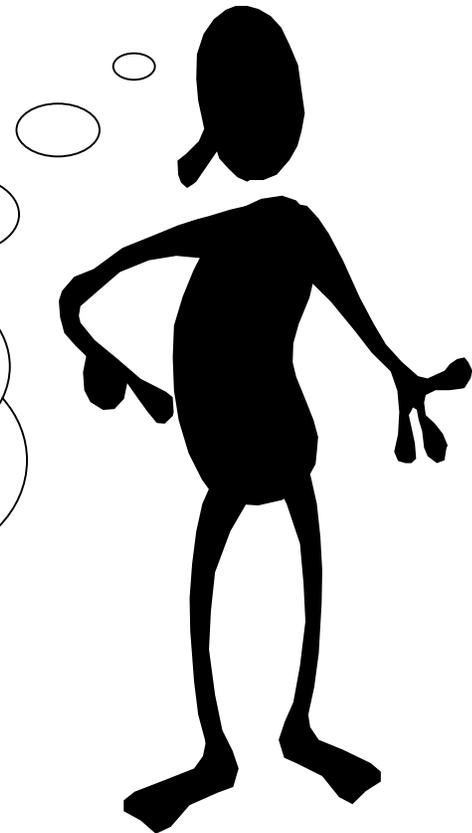
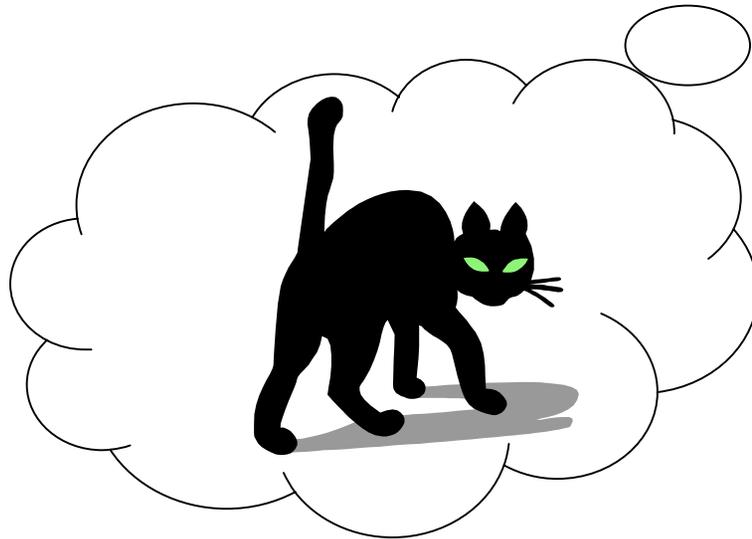
- Artigo: Hendler, "Agents and the semantic Web"

Semântica...

Entre humanos, às vezes já é difícil se entender...







Semântica

Semântica = Significado

- Tudo tem semântica, mas o computador na maioria das vezes não sabe disso...

Susan Davidson's Home Page - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço <http://www.cis.upenn.edu/~susan/home.html> Ir

Links [\[bb.com.br\]](#) [Computer & Information Science](#) [Instituto de Informática - UFRGS](#) [Merriam-Webster OnLine](#)

Susan B. Davidson



CIS Address: 572 Levine North
[Department of Computer and Information Science](#)
[University of Pennsylvania](#)
Levine Hall
3330 Walnut Street
Philadelphia, PA 19104-6389
Email: susan@cis.upenn.edu
Tel: (215) 898-3490
FAX: (215) 898-0587

Concluído Internet

Susan Davidson's Home Page - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço <http://www.cis.upenn.edu/~susan/home.html> Ir

Links [\[bb.com.br\]](#) [Computer & Information Science](#) [Instituto de Informática - UFRGS](#) [Merriam-Webster OnLine](#)

Susan B. Davidson → Nome



CIS Address: 572 Levine North
[Department of Computer and Information Science](#)
[University of Pennsylvania](#)
Levine Hall
3330 Walnut Street
Philadelphia, PA 19104-6389
Email: susan@cis.upenn.edu
Tel: (215) 898-3490
FAX: (215) 898-0587

Concluído Internet

Susan Davidson's Home Page - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço <http://www.cis.upenn.edu/~susan/home.html> Ir

Links [\[bb.com.br\]](#) [Computer & Information Science](#) [Instituto de Informática - UFRGS](#) [Merriam-Webster OnLine](#)

Susan B. Davidson



Foto

CIS Address: 572 Levine North
[Department of Computer and Information Science](#)
[University of Pennsylvania](#)
Levine Hall
3330 Walnut Street
Philadelphia, PA 19104-6389
Email: susan@cis.upenn.edu
Tel: (215) 898-3490
FAX: (215) 898-0587

Concluído Internet

Susan Davidson's Home Page - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço <http://www.cis.upenn.edu/~susan/home.html> Ir

Links [\[bb.com.br\]](#) [Computer & Information Science](#) [Instituto de Informática - UFRGS](#) [Merriam-Webster OnLine](#)

Susan B. Davidson



CIS Address: 572 Levine North
[Department of Computer and Information Science](#)
[University of Pennsylvania](#)
Levine Hall
3330 Walnut Street
Philadelphia, PA 19104-6389
Email: susan@cis.upenn.edu
Tel: (215) 898-3490
FAX: (215) 898-0587

Endereço

Concluído Internet

Susan Davidson's Home Page - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço <http://www.cis.upenn.edu/~susan/home.html> Ir

Links [\[bb.com.br\]](#) [Computer & Information Science](#) [Instituto de Informática - UFRGS](#) [Merriam-Webster OnLine](#)

Susan B. Davidson



CIS Address: 572 Levine North
[Department of Computer and Information Science](#)
[University of Pennsylvania](#)
Levine Hall
3330 Walnut Street
Philadelphia, PA 19104-6389
Email: susan@cis.upenn.edu
Tel: (215) 898-3490
FAX: (215) 898-0587

E-mail

Concluído Internet

Como fazer?

Como fazer se for necessário processar as informações de uma página Web?

- Exemplo, coletar títulos e preços de livros de um site de venda *online*

Como fazer?

Problema tem sido resolvido através do uso de extratores (*wrappers*)

- Solução não ideal, pois um extrator deve ser construído para cada conjunto de páginas que possui o mesmo layout
- Exemplo de extrator: DEByE

Saraiva.com.br - Lançamentos, Ofertas e Promoções em Livros. - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço <http://www.livrariasaraiva.com.br/liv/home.htm?ID=C86360147D5030B12230C0662> Ir

Links [bb.com.br] Computer & Information Science Instituto de Informática - UFRGS Merriam-Webster OnLine

LIVROS universitários

Título ou Autor

Filtrar por Área

Informática

Filtrar por Editora

OK

:: Nesta Seção Você Encontra

- Lançamentos
- Mais Vendidos
- Ofertas Especiais
- Pré-vendas

:: Categorias

- Administração
- Agropecuária
- Artes
- Auto-ajuda
- Ciências Biológicas
- Ciências Exatas
- Ciências Humanas e Sociais
- Contabilidade
- Culinária
- Cursos e Idiomas
- Dicionários e Manuais
- Convers.
- Didáticos
- Direito
- Diversos
- Economia
- Engenharia e Tecnologia

Destaques de Livros



Os Cravos e a Manta - Romance
Povoas, Manuel Soares
Manuel Soares Póvoas

O livro de Manuel Soares Póvoas conta a história da família portuguesa Leme Batalha, que sendo surpreendida pela Revolução dos Cravos, soube encontrar meios para sobreviver com dignidade. Um livro tocante e revelador.

Comprar R\$ 70,00



O Fantasma da Ópera
Leroux, Gaston
Ediouro (rj)

Compre e Ganhe 1 par de convites para o filme "O Fantasma da Ópera"!
*Aterrorizante obra, sucesso nas telas do cinema e consagrado musical nos teatros da Broadway, "O Fantasma da Ópera" desafia o tempo e continua encantando os leitores. Recomendável para leitores com coração forte.

Comprar De R\$ 24,90
Por R\$ 22,40



Pré-Venda
Previsão de Postagem: 12/04/2005

O Código da Vinci - Edição Especial Ilustrada
Brown, Dan
Sextante

Considerado um dos melhores livros dos últimos tempos "O Código da Vinci", agora em edição especial, reúne ilustrações e impressões coloridas que reproduz símbolos, obras de arte, monumentos arquitetônicos e localidades históricas citadas no livro. As imagens vão suscitar questionamentos sobre este romance, tornando sua leitura ainda mais fascinante!

Comprar De R\$ 59,90
Por R\$ 53,90



Pré-Venda
Previsão de Postagem: 12/04/2005

Fortaleza Digital
Brown, Dan
Sextante

Dan Brown, o consagrado autor de "O Código Da Vinci", mergulha no intrigante universo dos serviços de informação e ambienta sua história na ultra- secreta e multibilionária NSA, a Agência de Segurança Nacional americana, mais poderosa do que a CIA ou qualquer outra organização de inteligência do mundo. Primeiro livro do autor, lançado nos EUA em 1998.

Comprar De R\$ 29,90
Por R\$ 26,90

:: Especiais



APRENDA A SER FELIZ



A IRMANDADE DO SANTO SUDÁRIO



31 CANÇÕES NICK HORNBY



RPG

:: Aproveite também

Restou o Cão
Roza, Livia Garcia
R\$ 29,00

A Tapas e Pontapés
Mainardi, Diogo
De R\$ 28,90
Por R\$ 24,80

Dôra, Doralina
Queiroz, Rachel de
R\$ 53,00

O Melhor das Comédias da Vida

Busca também é um problema

Apesar de todos os modelos e técnicas de Recuperação de Informação existentes, a Web é muito dinâmica, e falta semântica para ajudar a tarefa de recuperação

Problemas da Web Atual

Aumento exponencial de publicações na Web

- 2004: \approx de 8 bilhões de páginas Web

50% a mais de novas páginas a cada ano!!

- Somente 20% estarão acessíveis em 1 ano!!!
- Somente 62% apresentam conteúdo novo
[Ntoulas et al 04]
- Como manter índices nesse cenário caótico?

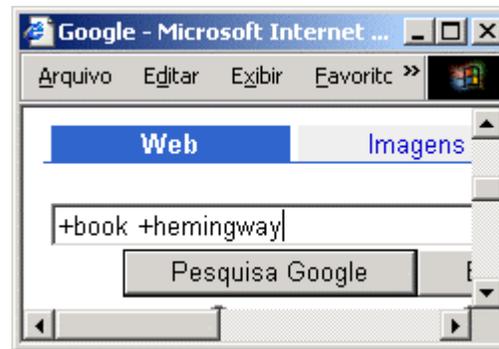
Problemas da Web Atual

Busca da Informação

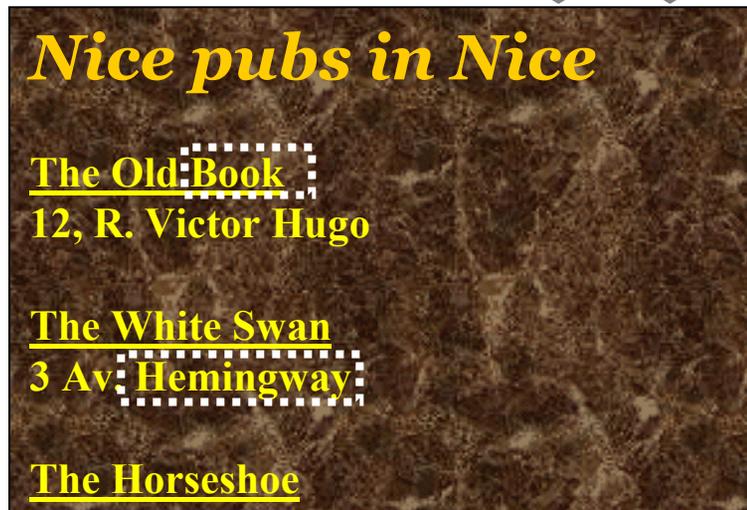
Problema de “*precisão*” das atuais ferramentas de pesquisa

- Navegação através de links e uso de palavras chaves p/ busca
- Problemas p/ identificar, descrever e localizar recursos de forma mais eficiente

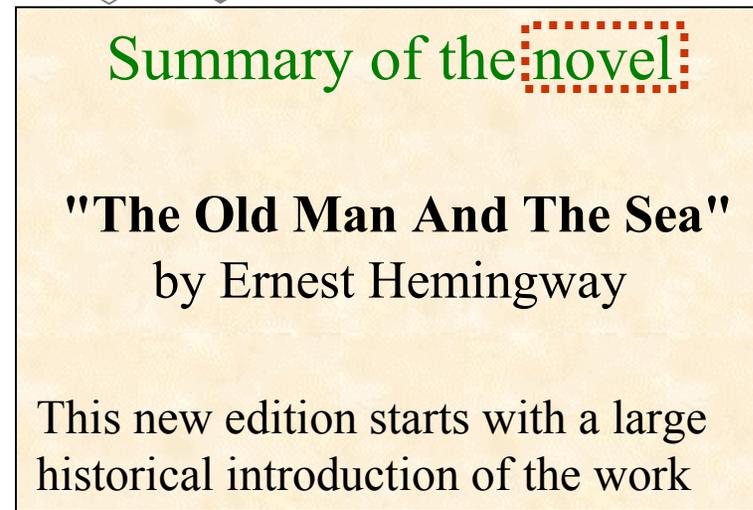
Na Web atual: Busca de Informação



Ruído



Novel ao invés de Book



Pesquisa, Recuperação, Organização e Extração de Recursos na Web

Estratégias importantes

- Mecanismos de busca
- Bibliotecas digitais
- Linguagens de consulta Web
- Mecanismos de extração (wrappers)

Mecanismos de Busca

Busca baseada em pal. chaves

ex: Alta Vista, Infoseek, Yahoo, MetaCrawler,
Google...

Mecanismos de Busca

Problemas com a recuperação da informação

- Recuperação (*recall*) limitada:
 - toda a informação relevante foi localizada?
 - um documento naquele assunto, porém com uma descrição diferente da palavra chave não é recuperado

Mecanismos de Busca

Problemas com a recuperação da informação

- Precisão limitada:
 - quantos documentos são realmente relevantes?
 - um documento de um assunto diferente que utiliza as mesmas palavras é recuperado

Mecanismos de Busca

Problemas com a recuperação da informação

- Relevância:
 - baseada em vetor de palavras (modelo vetorial) – resultados nem sempre são satisfatórios
 - PageRank (Google)

Linguagens de Consulta Web

Usam topologia da Web em consultas p/ controlar navegação e obter melhores respostas: navegação e pesquisa

- [WebSQL](#) [Mihaila 96], [W3QL](#) [Konopnicki et al.98]

WebSQL

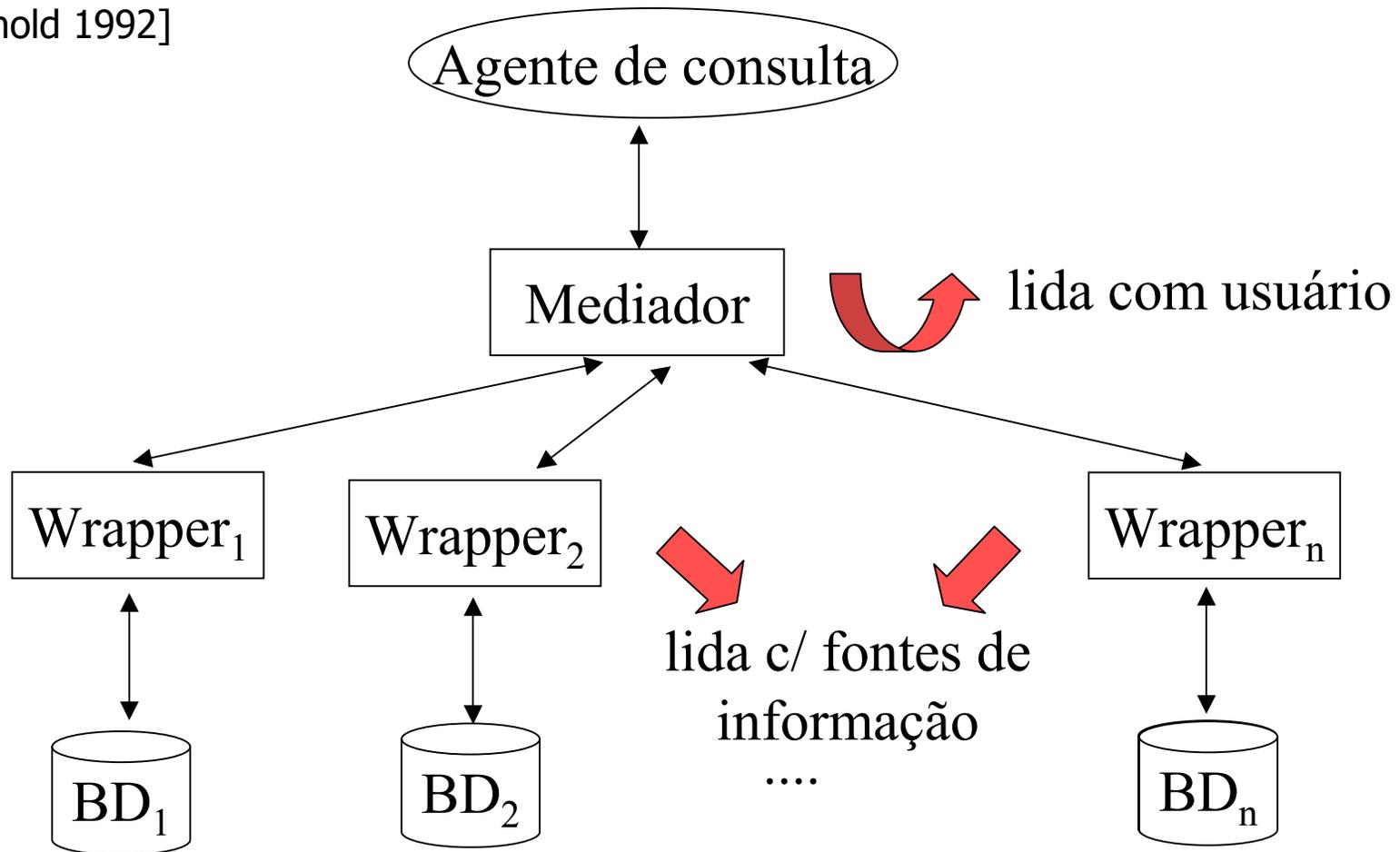
- explora estrutura e topologia do documento
- semântica clara baseada num modelo de grafo virtual
`documento(url, titulo,texto,type, lenght,modif)`

Ex: encontre todos os documentos html sobre XML

```
select d.url, d.titulo
from Documento d such that d mentions "XML"
where d.type="text.html"
```

Mecanismos de Extração

[Widerhold 1992]



Mecanismos de Extração

Programas extratores (Wrappers)

- Mapeiam páginas Web em um conjunto de objetos organizados sob forma de árvore de modo a extrair informações relevantes
- Baseados em contexto
- Baseados em conteúdo

Wrappers - Exemplos

Contexto

- W4F [Sahuguet et al, DKE 36(2), 2000]
- RoadRunner [Crescenzi, VLDB 2001]
- DeBye [Laender et al., DKE 40(2), 2002]

Conteúdo

- Ontologia específica de domínio
 - Exemplo: BYU Tool [Embley et al., DKE 31(3),1999]

Problemas na Web atual (cont.)

Integração de informações:

- O site A tem descrição de produtos de software
- O site B tem preços de material de computação

Problema:

- Combinar produtos e preços

Dificuldade:

- Como integrar tais informações?

Enfim, na Web atual...

Situação atual:

- O conteúdo pode ser lido, mas não processado pela máquina

Problema:

- É difícil automatizar processos/serviços na Web
- Como interoperar informações num ambiente heterogêneo?
- Como integrar recursos na Web?

Um início de solução:

- Descrever os dados contidos na Web e representá-los de forma conveniente

O que é Web Semântica?

O que é Web Semântica?

É uma **extensão** da Web atual que visa dar significado **semântico** ao conteúdo das páginas Web, criando um ambiente onde agentes de **software** e **usuários** possam trabalhar de forma cooperativa [Tim Berners-Lee et al. 2001]

Web Semântica: Visão da W3C

“A Web Semântica é uma visão: é a idéia de se ter dados na Web definidos e ligados de uma maneira tal que possam ser usados por máquinas não só com o objetivo de apresentação, mas p/ automação, integração e reuso de dados entre aplicações” *

* ■ World Wide Web Consortium: “Semantic Web Activity Statement.”
<http://www.w3.org/2001/sw/Activity>

Usando a Web Semântica

“Mar em Fúria”

[Hendler 2001]



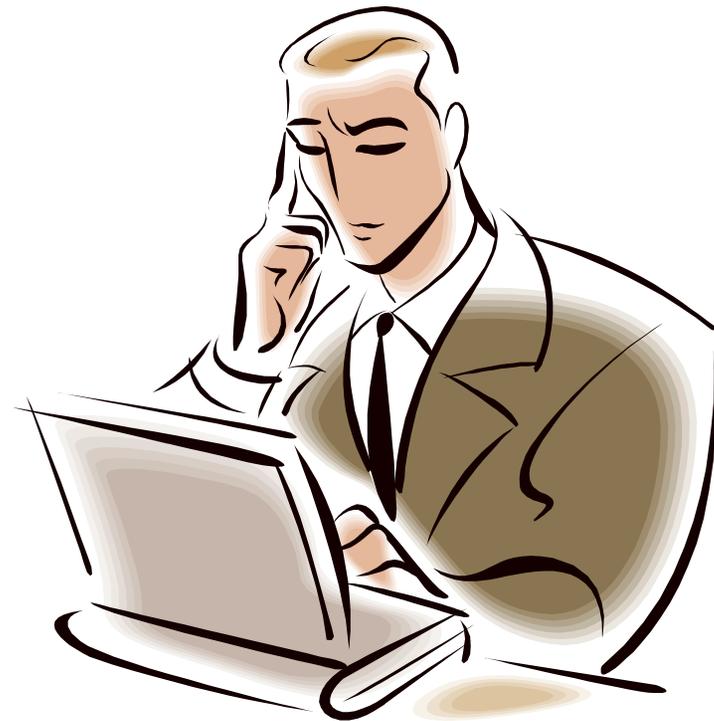
Mar em Fúria

- Barco pesqueiro está no mar, e uma enorme tempestade está se formando
- Por várias razões, eles não conseguem um mapa climático que indica a posição da tempestade, e não sabem que ela está se formando bem na frente deles...
- Sem informação, eles se encaminham direto para o centro dela, com resultados catastróficos

Mar em Fúria

- O capitão tenta ligar pelo celular para terra
- Mas uma onda vem e derruba o celular no mar

Usando a Web Semântica...



Visão de Hendler

- Por sorte, o capitão é um usuário da Web e trouxe seu laptop *wireless* junto com ele na viagem
- Ele checa um site de previsão do tempo, e vê que uma tempestade se aproxima
 - Mas ele ainda não sabe em que posição exata a tempestade está

Visão de Hendler

Então ele vai a um agente de um servidor geográfico e faz a seguinte consulta:

“Me dê uma foto de satélite **desta região** do Atlântico”

Resultado da Consulta

Uma imagem satélite obtida ontem às 10 horas da manhã está disponível na Web no endereço <http://....>

Uma nova imagem satélite que será feita hoje às 10 horas estará disponível por \$100 - aperte aqui p/ autorizar a transferência de fundos e obter a imagem (é necessário fornecer um cartão de crédito)

Numa situação de emergência um avião de guarda costeira pode ser enviado a qualquer local na área indicada. Nota: você será responsável pelos custos de vôo se a situação não for de emergência (aperte aqui p/ mais informações)

Um observador de grande-altitude pode ser enviado até aí em 13hs. Clique aqui p/ iniciar procedimento (é necessário autorização militar, código e oficial responsável. Caso de abuso resultará em prisão).

Um serviço denominado "serviço comercial" para prover imagens de satélites é anunciado para disponibilização em 2004. Mais informações consulte <http://....>

Objetivos da Web Semântica

Dados científicos:

- integração entre dados
- ponteiros para condições experimentais, fontes, algoritmos

Comércio Eletrônico

- significados bem definidos p/ documentos
- catálogos, preços, taxas, especificações

Objetivos da Web Semântica

Gerenciamento pessoal de informações:
calendários, fotos,....

Plataforma comum p/ manipulação de BDs,
inferência, etc.

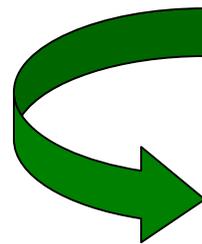
Regras e ontologias

Novos desafios: Serviços Web - IA

A Web Semântica requer

Capacidade para representar e gerenciar o conteúdo semântico da Web

- Como um agente pode “**aprender**” o significado semântico de um novo termo a partir de uma especificação formal?
- Necessidade de formalização (**metadados, ontologias**)



Descrição de propriedades e relacionamentos sobre itens; regras, inferência

A Web Semântica requer

Integração e interoperabilidade

- 2 agentes estão semanticamente integrados se puderem comunicar-se entre si com sucesso!
- Mas é preciso levar em consideração:
 - Linguagens de representação distintas
 - Incompatibilidade de conceitos
 - Termos e estilos diferentes de modelagem

Níveis de Semântica

[Uschold e Gruninger 2002]



motor:
"mecanismo
que propulsiona
energia e faz
veículo se
locomover"



**(motor tem
(superclasses (...))**



**Consenso
humano**

**Texto
descritivo**

**Semântica explícita
elaborada: usada em
tempo de execução**

**Semântica processada:
usada em tempo de
execução (inferência)**

Implícito

**Informal
(explícito)**

**Formal
(p/ humanos)**

**Formal
(p/ máquinas)**

Semântica Formal para processamento por máquinas



```
Ontologia Motor (MTO)
(motor has
  (superclasses (periferico- mecanico))
  (text-def ("Serve para...")))

(todo motor has
  (componentes_ fisicos (cilindro, valvula, pistao))
  (funcionalidade(injetar combustivel)))
```

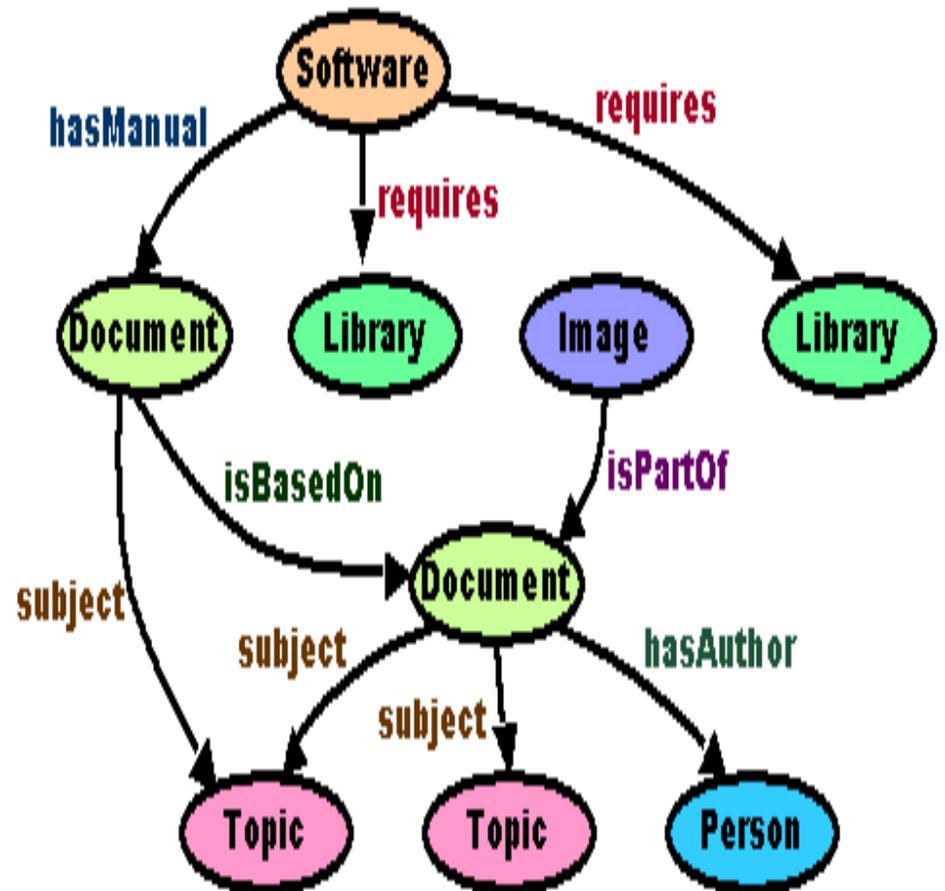
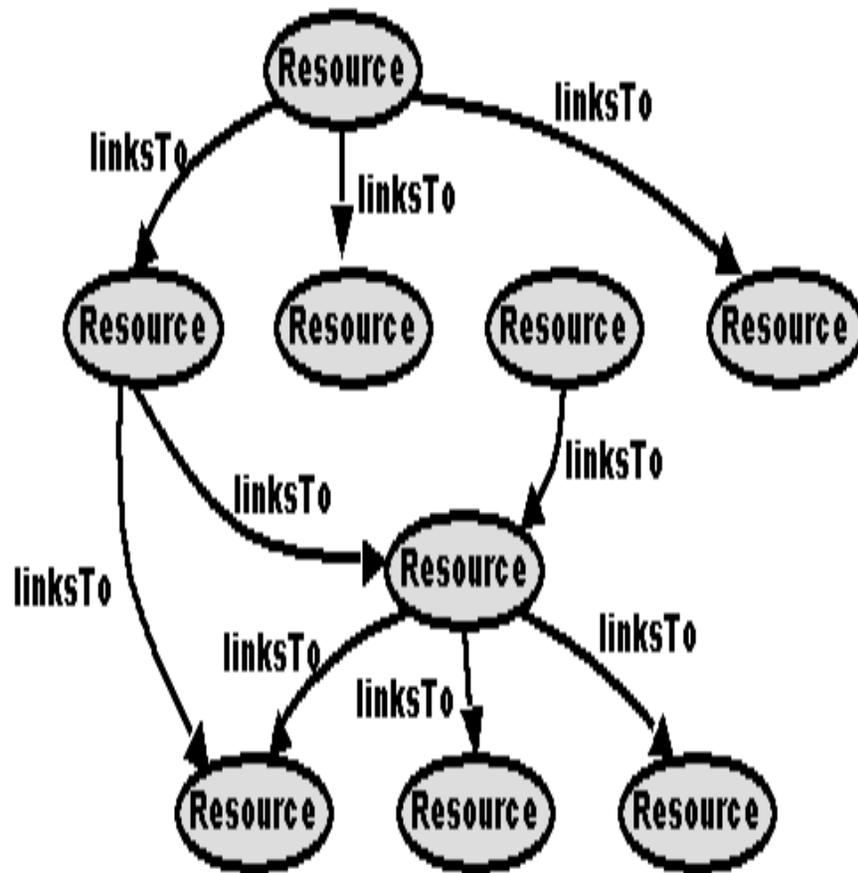
O objetivo deste relatório é descrever o funcionamento da máquina XPTO e analisar as suas funcionalidades....

motor a gasolina123 deve ser utilizado na temperatura.....

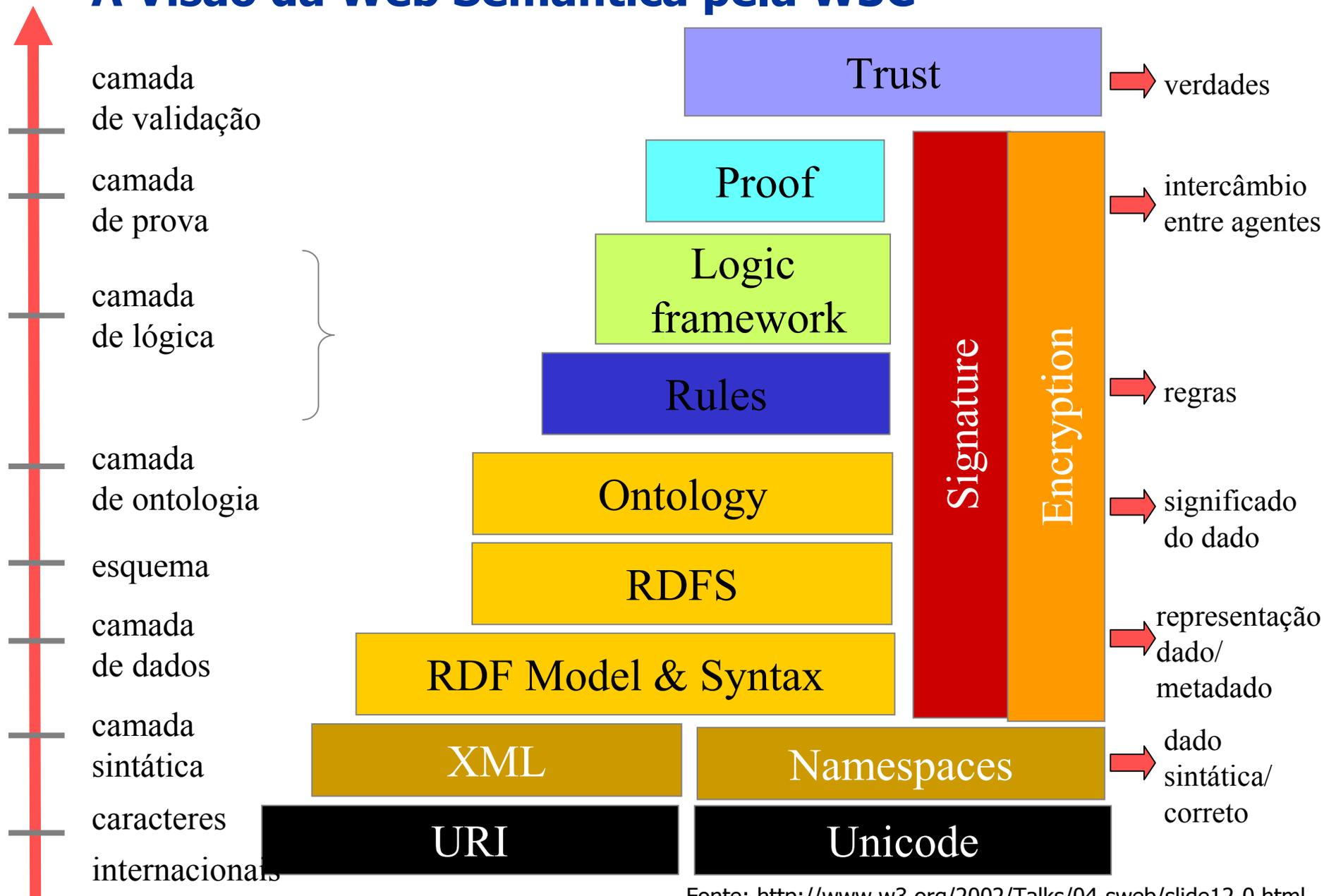
< conceito id=motor-gasolina> motor a gasolina </conceito>
(motor-gasolina has (superclasses **MTO**.motor))

Marcador semântico?

Web atual x Web Semântica



A Visão da Web Semântica pela W3C



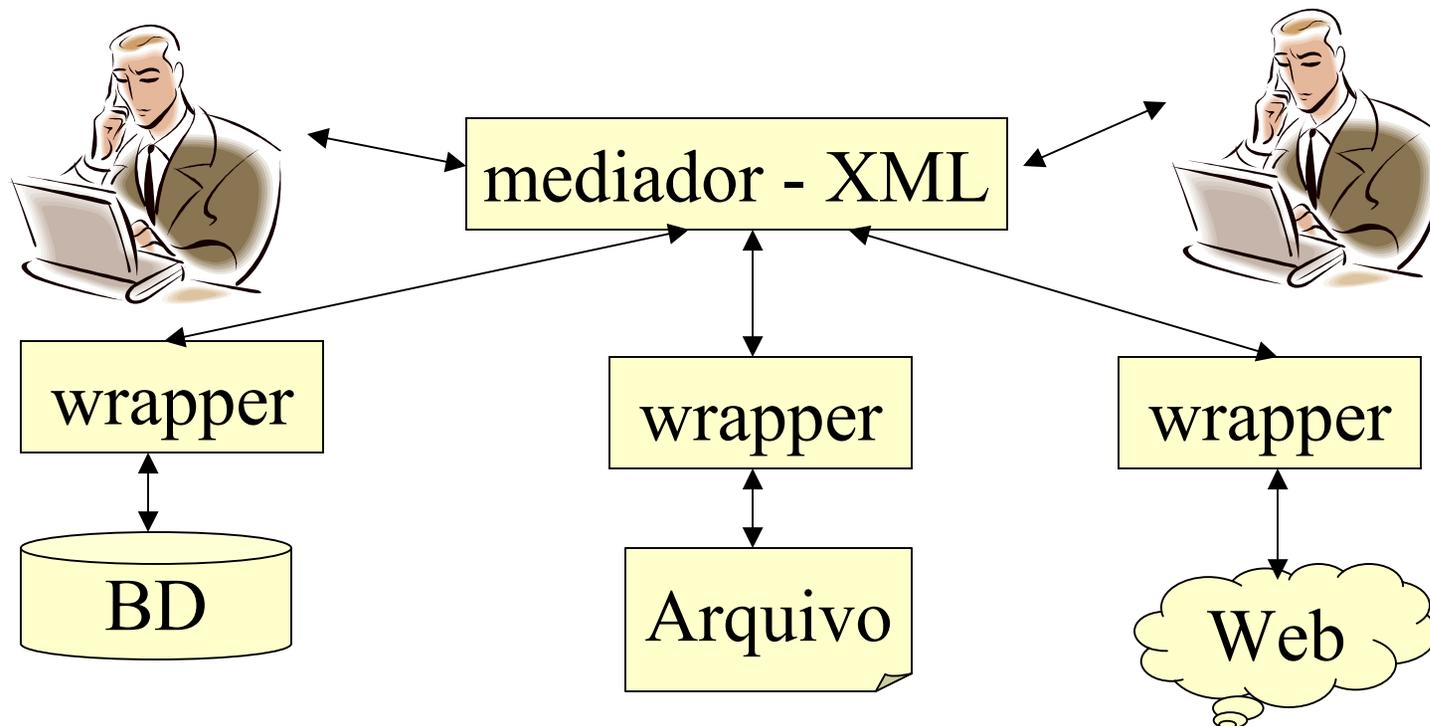
Fonte: <http://www.w3.org/2002/Talks/04-sweb/slide12-0.html>

XML descreve conteúdo

```
<bibliografia>
  <livro>
    <titulo>Principles of Distributed Database Systems</titulo>
    <autor>Ozsu</autor>
    <autor>Valduriez</autor>
    <editor>Prentice Hall</editor>
    <ano>1999</ano>
  </livro>
  <livro>
    <titulo>Data on the Web</titulo>
    <autor>Abiteboul</autor>
    <autor>Buneman</autor>
    <autor>Vianu</autor>
    < editor>Morgan Kaufmann</editor>
    <ano>1999</ano>
  </livro>
</bibliografia>
```

XML para integração de dados

Mediador/wrapper como elemento integrador de visão de fontes de dados



Porém, XML não é suficiente

- Vantagem do uso do XML: reutilização do parser e validação do documento; porém,
- Diferentes possibilidades de expressar um mesmo domínio de discurso, podendo acarretar em ambigüidade de interpretação

Livro

autor
título
preço
idioma

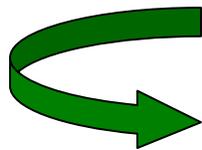
```
< livro lang= "Ingles" preco= "US$ 60.00"  
titulo= "Principles of Distributed Database Systems"  
autor="Ozsu Valduriez">  
</livro>
```

```
<livro lang= "Ingles">  
  <preco= "US$ 60.00">  
  <titulo>Principles of Distributed ...</titulo>  
  ....  
</livro>
```

Representação de Conhecimento na Web

Premissas

- Conhecimento na Web é distribuído
- Conhecimento na Web é tendencioso
 - Não existe verdade universal
 - Ambiente propício a discussões
- Diversidade de usuários, extensibilidade e simplicidade
- É necessário separar conteúdo de estrutura



Resource Description Framework (RDF)
Topic Maps

RDF e RDF(S)

Material:

- Artigo: Braganholo, Heuser "XML Schema, RDF(S) e UML: uma comparação"
- www.w3.org/RDF

Resource Description Framework (RDF)

- Modelo de metadados simples e expressivo
 - Trata dados/metadados de forma uniforme
- Provê interoperabilidade na Web (XML)
- Meio de integração entre diferentes padrões de metadados
- Expressa vocabulários distintos com base em um modelo de dados e sintaxe comuns (XML)
- Visa processamento por máquinas

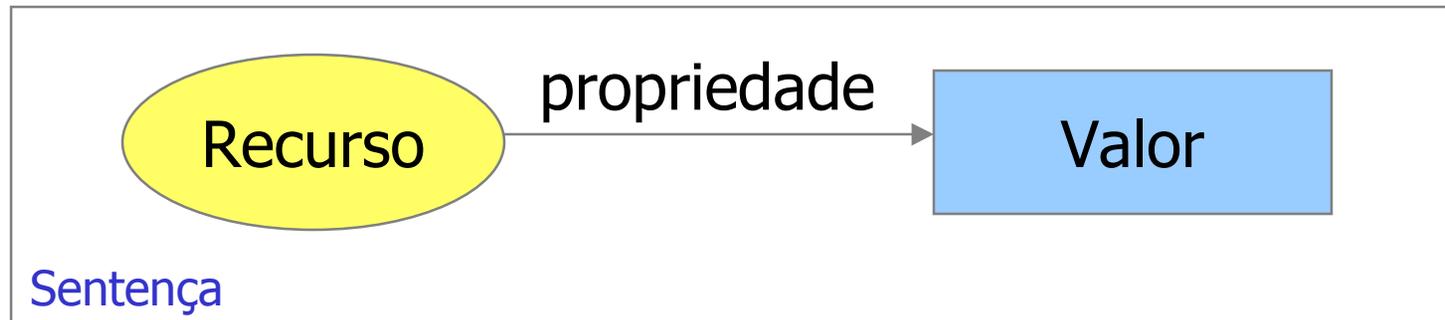
Resource Description Framework (RDF)

Constituído de:

- Modelo RDF
- Sintaxe RDF

- www.w3.org/RDF

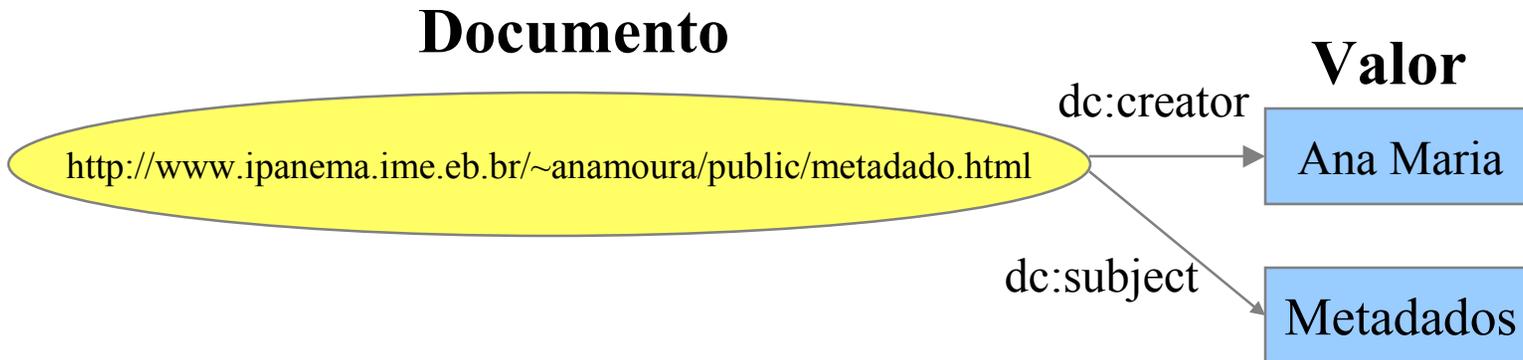
Modelo RDF: estrutura básica



Representação de um documento em RDF:



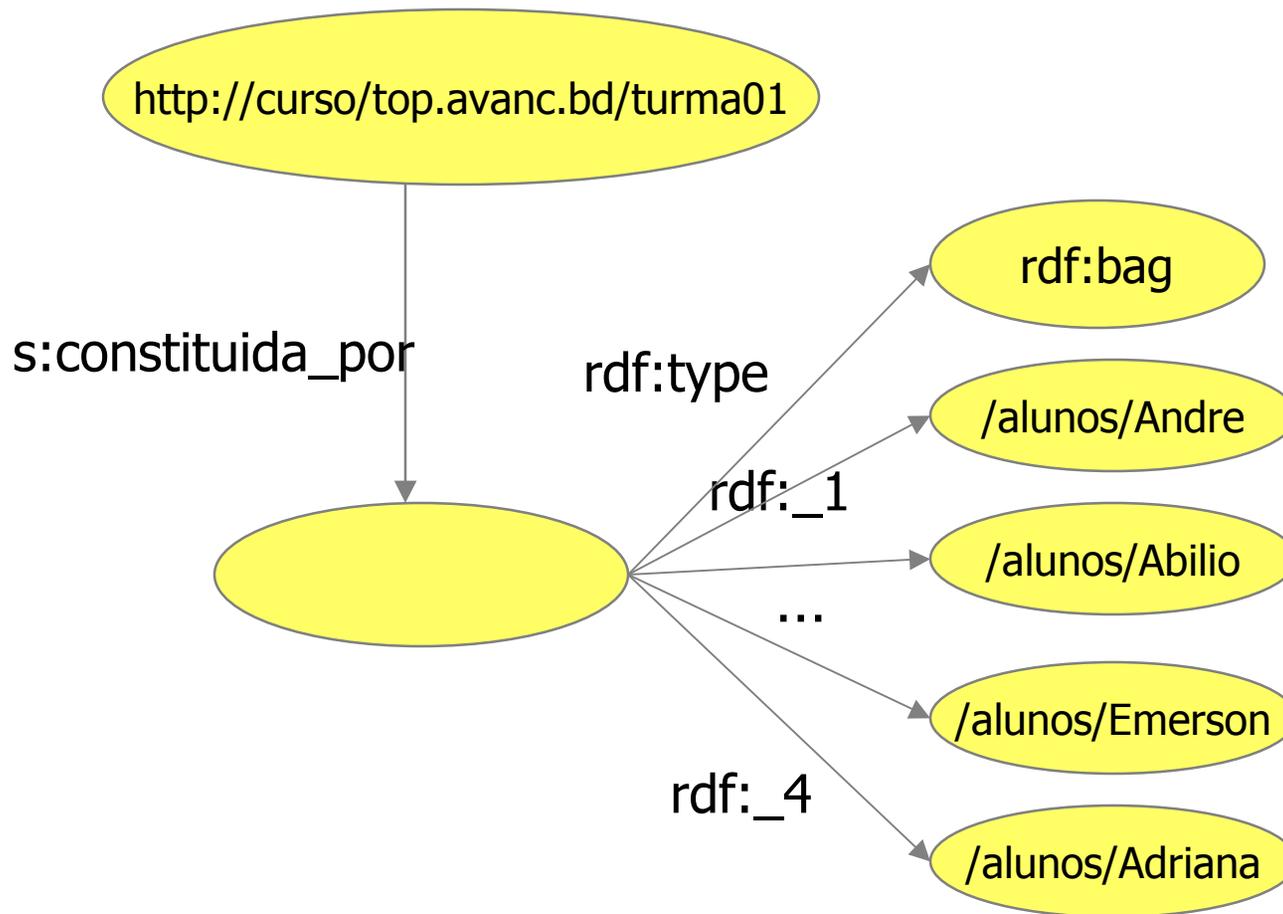
RDF



```
<?xml version="1.0">
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3c.org/1999/02/22/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1">
  <rdf:Description about=
    "http://www.ipanema.ime.eb.br/~anamoura/public/metadado.html ">
    <dc:creator>Ana Maria</dc:creator>
    <dc:subject>metadados</s:subject>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Containers em RDF

rdf: Bag
rdf: Seq.
rdf: Alt



Containers

	Ordenação	Duplicação	Propriedade Multivalorada
Bag	Não	Sim	Sim
Sequence	Sim	Sim	Sim
Alternative	Não	Não	Não

Sintaxe XML para Bag

```
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3c.org./1999/02/22/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:s = "http://minhas definicoes#">
<rdf:Description about=http://curso/top.avanc.bd/turma>
  <s:constituída_por>
    <rdf:bag>
      <rdf:li resource= "/alunos/Andre">
      <rdf:li resource= "/alunos/Abilio">
      <rdf:li resource= "/alunos/Emerson">
      <rdf:li resource= "/alunos/Adriana">
    </rdf:bag>
  </s:constituída_por >
</rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

RDF Schema (RDFS)

RDF define apenas o modelo de dados

É preciso definir um **vocabulário**, uma linguagem que permita definir estrutura semântica!

RDFS permite definir **propriedades** de recursos (título, autor, etc.) e **relacionamentos** entre essas propriedades

Primitivas básicas do RDFS

Classes básicas

- Classe raiz `rdfs:Resource`
- Meta-Classe `rdfs:Class`
- Literais `rdfs:Literal`

Primitivas básicas do RDFS

Propriedades (herda do RDF)

- **rdfs:subclassOf** (diz que todas as instâncias de uma classe são também instâncias de outra classe)
- **rdfs:domain**

A tripla **P rdfs:domain C** indica que **o recurso que possui a propriedade P** deve ser uma instância da classe **C**
- **rdfs:range**

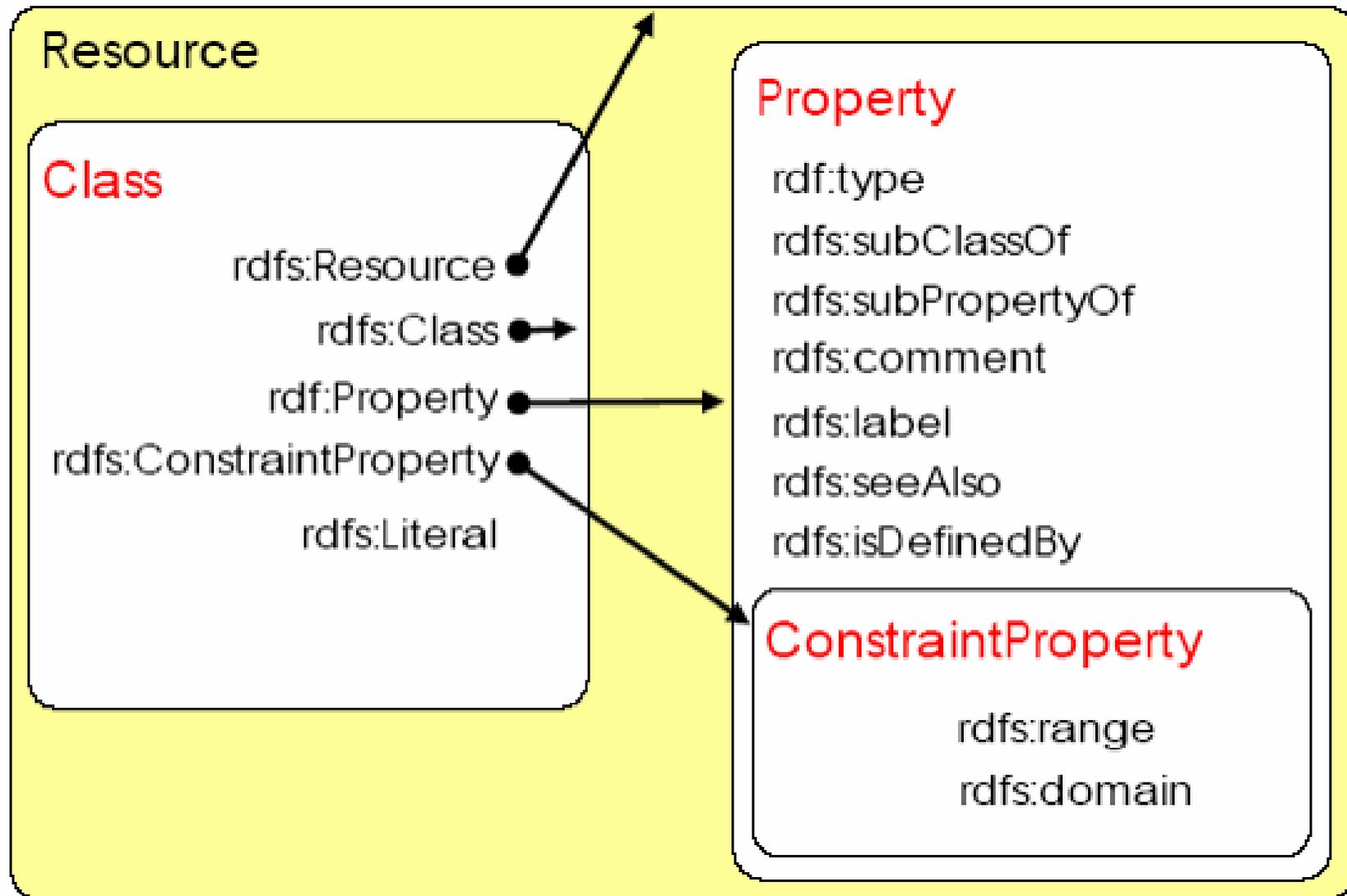
A tripla **P rdfs:range C** indica que **o valor da propriedade P** deve ser uma instância da classe **C**

Primitivas básicas do RDFS

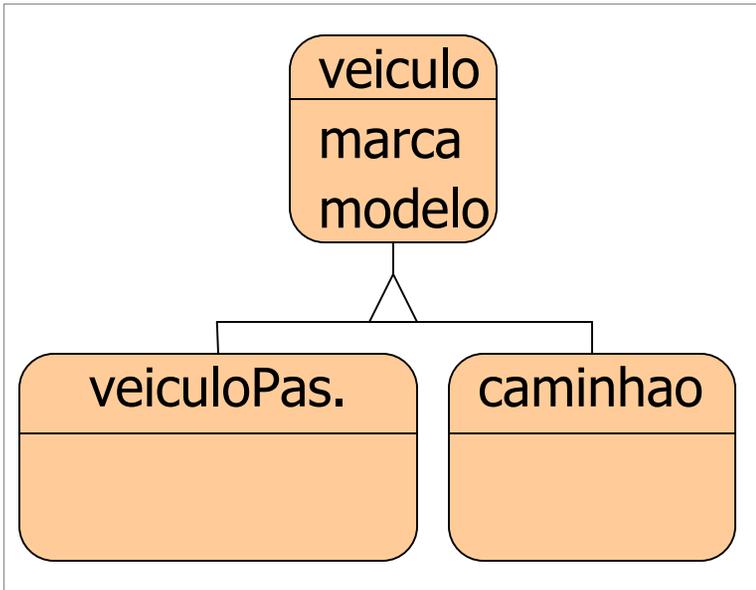
Propriedades (herda do RDF) (cont.)

- `rdfs:label`
- `rdfs:comment`
- ...
- `rdfs:type` (instância de)

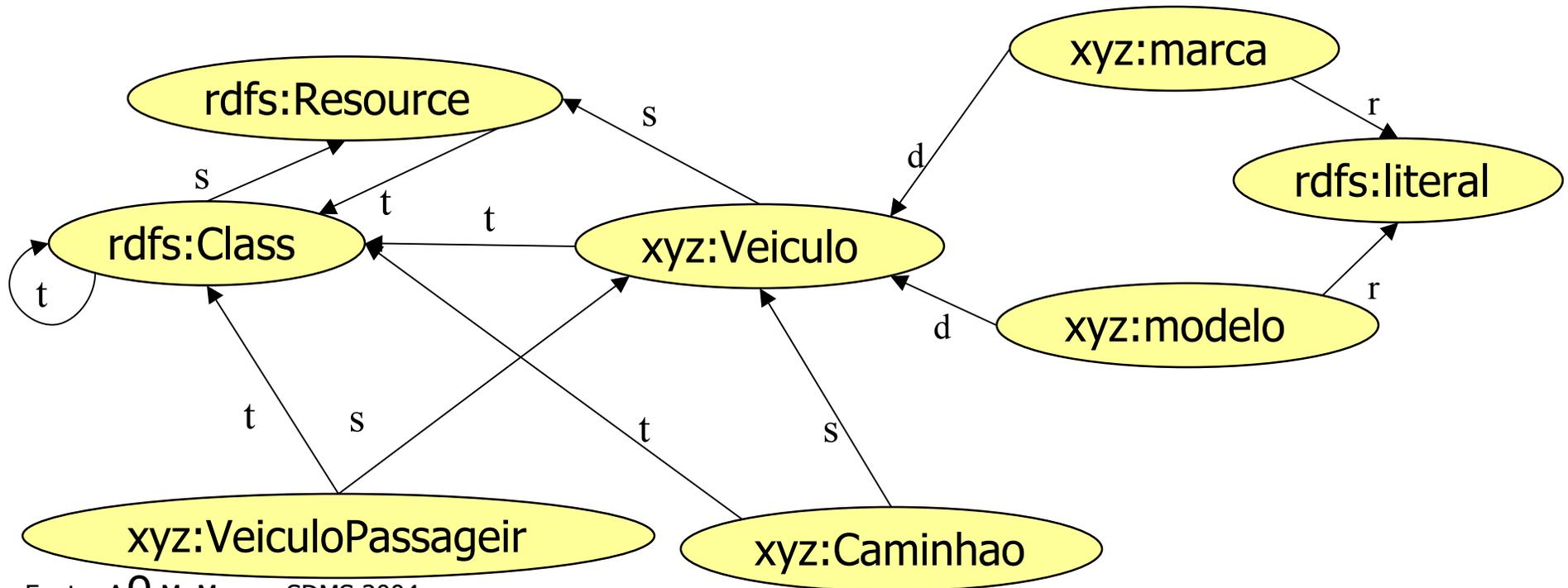
Primitivas básicas do RDFS



Exemplo de aplicação usando RDFS



s=rdfs:subClassOf
t=rdf:type
r=rdfs:range
d=rdfs:domain



Sintaxe XML

```
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:xyz="http://meuexemploveiculos.com">
```

```
<rdf:Description ID="Veiculo">
  <rdf:type resource=
    "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource=
    "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Resource"/>
</rdf:Description>
```

```
<rdf:Description ID="VeiculoPassageiro">
  <rdf:type resource=
    "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Veiculo"/>
</rdf:Description>
```

Sintaxe XML

```
<rdf:Description ID="Caminhao">
  <rdf:type resource=
    "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Veiculo"/>
</rdf:Description>

<rdf:Description ID="marca">
  <rdf:type resource="http://www.w3.org/TR/1999/PR-rdf-
schema-19990303#Property"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Veiculo"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/TR/xmlschema-
2/#string"/>
</rdf:Description>
```

Sintaxe XML

```
<rdf:Description ID="modelo">
  <rdf:type resource="http://www.w3.org/TR/1999/PR-rdf-
schema-19990303#Property"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Veiculo"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/TR/xmlschema-
2/#string"/>
</rdf:Description>
```

RDF/RDF(S): a interoperabilidade ainda não é plena...

Interoperabilidade de recursos no nível:

- **Sintático**: um modelo padrão para a representação e transporte de metadados 
- **Estrutural**: representação para modelos de dados distintos especificando como recursos estão organizados, os tipos e os possíveis valores para cada tipo 
- **Semântico**: compreensão plena do conteúdo  Axiomas, mecanismos de inferência 

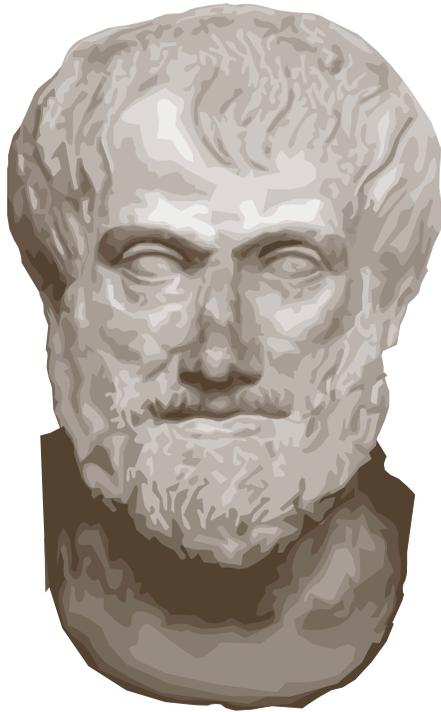


ontologias

Ontologias

Ontologia

Filosofia (Aristóteles 384-322 aC)

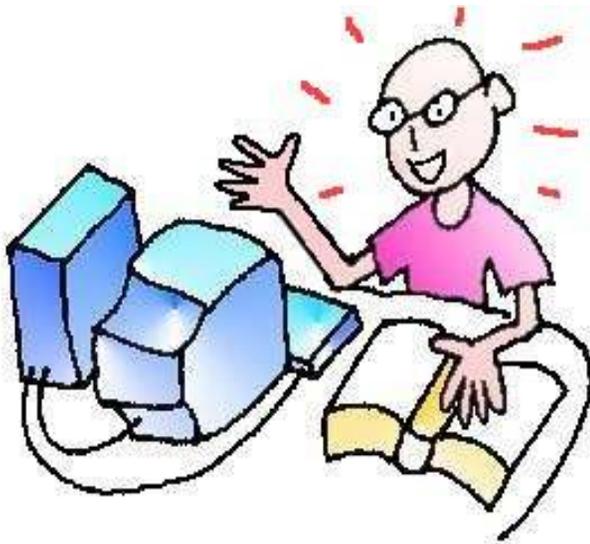


- Lida com a natureza e organização da realidade

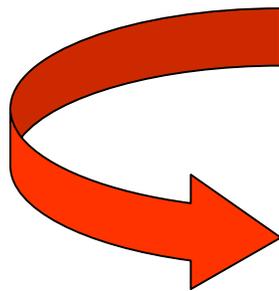
- O que é o ser
- Quais são as características comuns a todos os seres?

Ontologia na Ciência da Computação

Inteligência Artificial



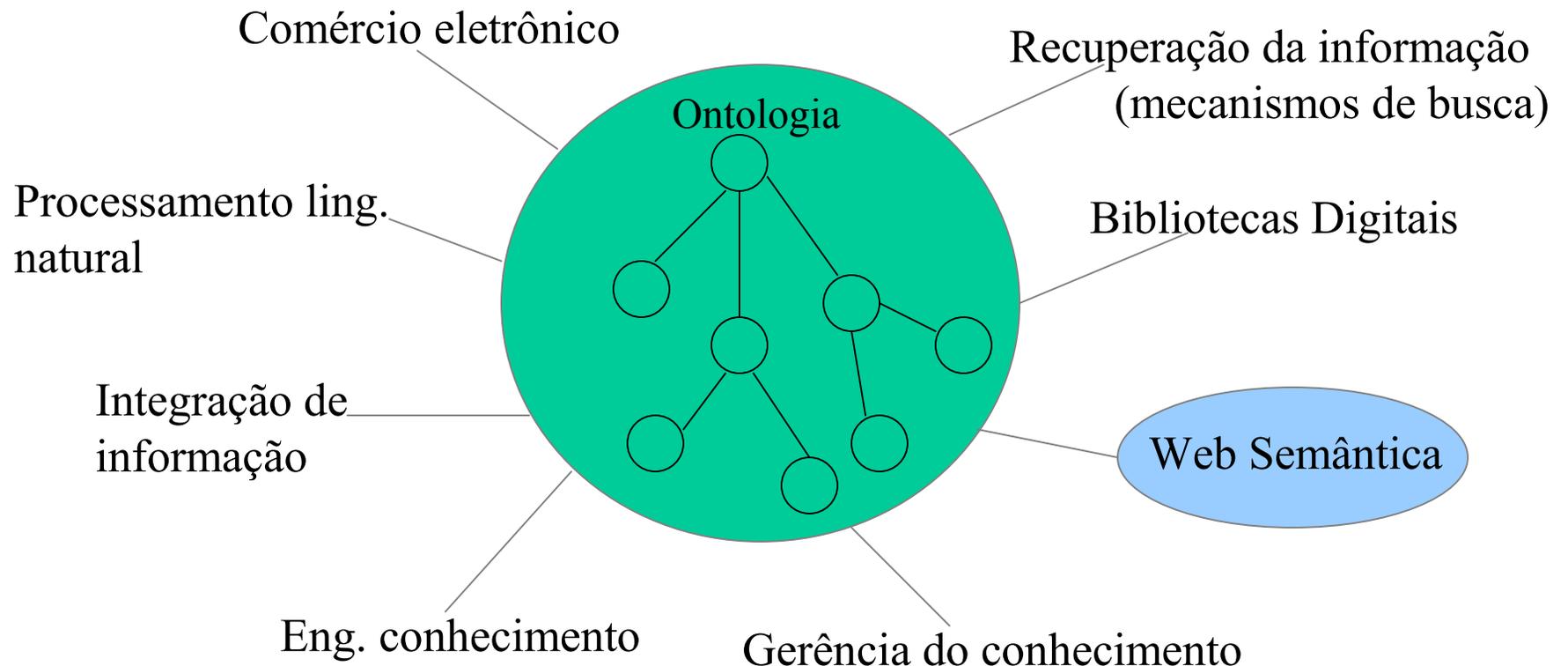
“tudo que existe deve poder ser representado por um formalismo”



Constituída por um vocabulário e um conjunto de declarações, é de fato a base para a comunicação entre humanos e máquinas e/ou agentes

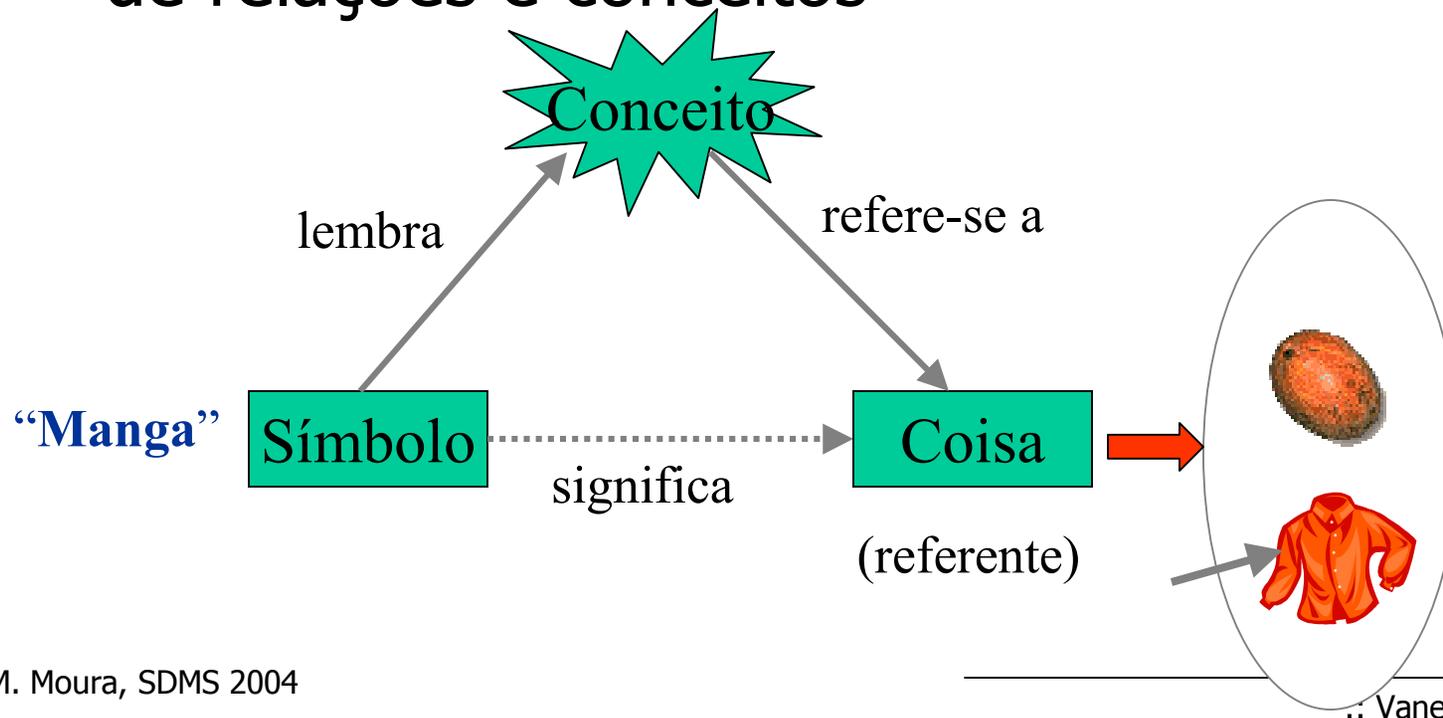
Ontologia

- Visa dar significado semântico pleno à informação
- Tema importante em várias áreas de pesquisa



Ontologia

- A comunicação entre humanos é possível através de palavras/símbolos
- Mapeamento de palavras/símbolos para “coisas” é feito de maneira indireta através de relações e conceitos



Quais são os problemas?

Pessoas, organização e sistemas de software precisam se integrar, mas...

- comunicação pobre: diferentes vocabulários, conceitos, estruturas e métodos utilizados de formas diferentes
- dificuldades de identificar requisitos e consequentemente especificar o sistema
- interoperabilidade
- potencial p/ reuso e compartilhamento
- esforço desnecessário, "reinventando a roda"

Solução?

Reduzir ou eliminar confusão conceitual e terminológica e chegar a um entendimento compartilhado

- Framework unificado



Base para:

comunicação (\neq necessidades, ptos de vista)

interoperabilidade entre sistemas (tradução entre modelagens, paradigmas, linguagens, ferramentas)

Ontologia: algumas definições [Guarino 1996]

- Uma ontologia é uma especificação explícita de uma conceitualização [Gruber1994]
- Uma ontologia é uma especificação do nível de conhecimento explícito de uma conceitualização, que pode ser afetado por um domínio e objetivo para os quais foi destinada [van Heijst et al.1996]
- Uma ontologia são acordos acerca de conceitualizações compartilhadas
- Uma ontologia é o entendimento compartilhado em algum domínio de interesse

Constituída por um vocabulário e um conjunto de declarações, é de fato a base para a comunicação entre humanos e máquinas/agentes

Ontologia é uma **especificação formal explícita** de uma **conceitualização** compartilhada.

Gruber, T. R.: "A translation approach to portable ontologies", Knowledge Acquisition, 5(2): 199-220, 1993.

- **Conceitualização**: modelo abstrato de algum fenômeno do mundo, cujos conceitos foram identificados como relevantes para aquele fenômeno.
- **Explícita**: conjunto de conceitos utilizados e as restrições aplicadas são previamente e explicitamente definidas.
- **Formal**: espera-se que uma ontologia seja processável por um computador, o que exclui definições em linguagem natural, por exemplo.
- **Compartilhada**: descreve um conhecimento consensual, que é utilizado por mais de um indivíduo e aceito por um grupo. [Studer et al. 1998]

Uma ontologia pode conter informações de naturezas distintas...

Terminológica

- Conjunto básico de conceitos e relações
 - Ex.: animal, homem, vegetal, ...

Assertiva

- Conjunto de axiomas: assertivas aplicadas aos conceitos e relações
 - Exemplos:

$\text{solteiro}(x) \equiv \text{homem}(x) \wedge \sim \text{casado}(x)$

$\text{carnívoro}(x) \equiv \text{animal}(x) \wedge \text{come}(y) \wedge y = \text{'carne'}$

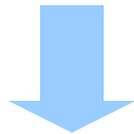
$\text{herbívoro}(x) \equiv \text{animal}(x) \wedge \text{come}(y) \wedge y = \text{'vegetais'}$

$\text{animal}(x) \equiv \text{carnívoro}(x) \vee \text{herbívoro}(x)$

Uma ontologia pode conter informações de naturezas distintas...

Pragmática

- Camada de ferramentas: informações pragmáticas não incluídas nas demais
 - Exemplo: Conceito classe
Como desenhar este conceito? (APIS em IDL)



Informação pragmática

Principais componentes de uma Ontologia

5 diferentes tipos de componentes

- **Classes**

- Conceitos do domínio ou tarefas, geralmente organizados em taxonomias
- Em uma ontologia universitária: estudante e professor são duas classes

- **Relações**

- Um tipo de interação entre conceitos do domínio
- Ex: subclass-of, is-a

Principais componentes de uma Ontologia (cont.)

■ Funções

- Caso especial de relações onde o n-ésimo elemento é único para os n-1 elementos precedentes
 - Ex.: Preço de um carro usado

■ Axiomas

- Sentenças verdadeiras
 - Ex.: se um estudante está matriculado na disciplina X e Y é pré-requisito de X, então o aluno já cursou Y

■ Instâncias

- Representam elementos específicos
 - Ex.: O estudante João é uma instância da classe Estudante

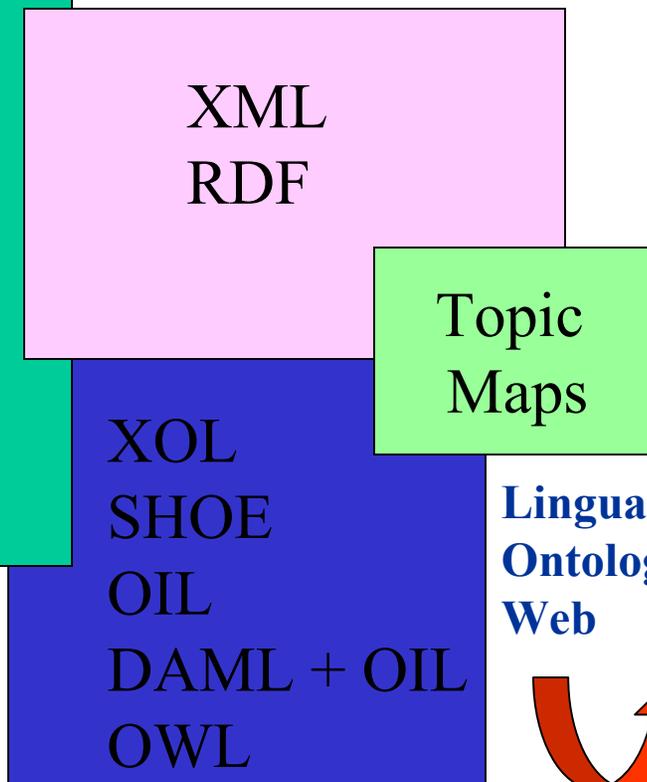
Linguagens de Ontologias - Classificação

[Corcho&Perez2000] [Su&Ilebrekke2002]

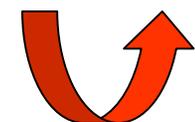
Linguagens de Ontologias tradicionais



Padrões Web



Linguagens de Ontologias p/ Web



* Conceptual Modeling Language
** Operational Conceptual Modeling Language

OWL

OWL (Web Ontology Language)

- Novo padrão para representação de ontologias do W3C
- Derivado do DAML-OIL

OWL

Propriedades do RDF/RDFS, mais

- cardinalidades
- owl:equivalentProperty
- owl:inverseOf
- owl:intersectionOf
- owl:unionOf
- owl:complementOf
- owl:TransitiveProperty
- owl:SymmetricProperty
- ...

OWL – Wine

```
<rdf:RDF
  xmlns = "http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/wine#"
  xmlns:vin = "http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/wine#"
  xml:base = "http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/wine#"
  xmlns:food = "http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/food#"
  xmlns:owl = "http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:rdf = "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs = "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:xsd = "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#">
```

**importando
vocabulários**

```
<owl:Ontology rdf:about="">
  <rdfs:comment>An example OWL ontology</rdfs:comment>
  <owl:priorVersion rdf:resource="http://www.w3.org/TR/2003/PR-owl-guide-20031215/wine"/>
  <owl:imports rdf:resource="http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/food"/>
  <rdfs:label>Wine Ontology</rdfs:label>
  ...
</owl:Ontology>
```

OWL – Wine

```
<rdf:RDF
  xmlns = "http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/wine#"
  xmlns:vin = "http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/wine#"
  xml:base = "http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/wine#"
  xmlns:food = "http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/food#"
  xmlns:owl = "http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:rdf = "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs = "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:xsd = "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#">
```

```
<owl:Ontology rdf:about="">
  <rdfs:comment>An example OWL ontology</rdfs:comment>
  <owl:priorVersion rdf:resource="http://www.w3.org/TR/2003/PR-owl-guide-20031215/wine"/>
  <owl:imports rdf:resource="http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/food"/>
  <rdfs:label>Wine Ontology</rdfs:label>
  ...
</owl:Ontology>
```

**Metadados sobre
a ontologia**

OWL – Wine

```
<rdf:RDF
  xmlns = "http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/wine#"
  xmlns:vin = "http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/wine#"
  xml:base = "http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/wine#"
  xmlns:food = "http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/food#"
  xmlns:owl = "http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:rdf = "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs = "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:xsd = "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#">

  <owl:Ontology rdf:about="">
    <rdfs:comment>An example OWL ontology</rdfs:comment>
    <owl:priorVersion rdf:resource="http://www.w3.org/TR/2003/PR-owl-guide-20031215/wine"/>
    <owl:imports rdf:resource="http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/food"/>
    <rdfs:label>Wine Ontology</rdfs:label>
    ...
  </owl:Ontology>
```

**Importa uma
ontologia existente:
food**

OWL – Wine

```
<owl:Class rdf:ID="Winery"/>  
<owl:Class rdf:ID="Region"/>  
<owl:Class rdf:ID="ConsumableThing"/>
```

Definindo Classes

Na ontologia food...

```
<owl:Class rdf:ID="PotableLiquid">  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#ConsumableThing" />  
  ...  
</owl:Class>
```

Definindo Subclasses

Vamos refinar as definições...

Este exemplo mostra um processo típico de construção de ontologias

- As definições são incluídas e vão sendo refinadas até produzir o resultado final

OWL – Wine

Referência a recurso da ontologia food

```
<owl:Class rdf:ID="Wine">  
  <rdfs:subClassOf  
    rdf:resource="http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-  
    20040210/food#PotableLiquid"/>  
  <rdfs:label xml:lang="en">wine</rdfs:label>  
  <rdfs:label xml:lang="fr">vin</rdfs:label>  
  ...  
</owl:Class>
```

OWL – Wine

**Uma instância da
classe Region**

`<Region rdf:ID="CentralCoastRegion" />`

Na ontologia food...

Definição da classe Grape

```
<owl:Class rdf:ID="Grape">
```

```
...
```

```
</owl:Class>
```

OWL – Wine

```
<owl:Class rdf:ID="WineGrape">  
  <rdfs:subClassOf  
    rdf:resource="http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-  
    20040210/food#Grape" />  
</owl:Class>  
  
<WineGrape rdf:ID="CabernetSauvignonGrape" />
```

OWL – Wine

Definição de propriedade

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="madeFromGrape" >  
  <rdfs:domain rdf:resource="#Wine"/>  
  <rdfs:range rdf:resource="#WineGrape"/>  
</owl:ObjectProperty>
```

Domain e range são como em RDF...

- **domain:** O recurso que possui a propriedade **madeFromGrape** deve ser uma instância da classe **Wine**, em outras palavras, **madeFromGrape** é uma propriedade da classe **Wine**
- **range:** O valor da propriedade **madeFromGrape** deve ser uma instância da classe **WineGrape**

OWL – Wine

Definição de subpropriedade
-Tudo que tiver a propriedade
hasColor com valor X também
terá a propriedade
hasWineDescriptor com valor X

```
<owl:Class rdf:ID="WineDescriptor" />
```

```
<owl:Class rdf:ID="WineColor">  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#WineDescriptor" />
```

...

```
</owl:Class>
```

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasWineDescriptor">  
  <rdfs:domain rdf:resource="#Wine" />  
  <rdfs:range rdf:resource="#WineDescriptor" />  
</owl:ObjectProperty>
```

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasColor">  
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#hasWineDescriptor" />  
  <rdfs:range rdf:resource="#WineColor" />
```

...

```
</owl:ObjectProperty>
```

OWL – Wine

```
<owl:Class rdf:ID="Wine">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-
    20040210/food#PotableLiquid"/>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#madeFromGrape"/>
      <owl:minCardinality rdf:datatype=
"http://www.w3.org/2001/XMLSchema#nonNegativeInteger">1 </owl:minCardinality>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
  ...
</owl:Class>
```

Restrição: um vinho tem que ser feito de pelo menos uma WineGrape

OWL – Wine

Vintage = safra de vinho

```
<owl:Class rdf:ID="Vintage">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#vintageOf"/>
      <owl:minCardinality rdf:datatype=
"http://www.w3.org/2001/XMLSchema#nonNegativeInteger">1 </owl:minCardinality>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="vintageOf">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Vintage" />
  <rdfs:range rdf:resource="#Wine" />
</owl:ObjectProperty>
```

Restrição: um vinho tem que ter pelo menos uma safra

Tipos de dados

xsd:string
xsd:normalizedString
xsd:boolean
xsd:decimal
xsd:float
xsd:double
xsd:integer
xsd:nonNegativeInteger
xsd:positiveInteger
xsd:nonPositiveInteger
xsd:negativeInteger
xsd:long
xsd:int

Tipos de dados

xsd:short
xsd:byte
xsd:unsignedLong
xsd:unsignedInt
xsd:unsignedShort
xsd:unsignedByte
xsd:hexBinary
xsd:base64Binary
xsd:dateTime
xsd:time
xsd:date
xsd:gYearMonth
xsd:gYear

Tipos de dados

xsd:gMonthDay

xsd:gDay

xsd:gMonth

xsd:anyURI

xsd:token

xsd:language

xsd:NMTOKEN

xsd:Name

xsd:NCName

OWL – Wine

Distinção:

- Propriedades que relacionam indivíduos com indivíduos (**property**)
- Propriedades que relacionam indivíduos com tipos de dados (**datatype property**)

OWL – Wine

**Propriedade yearValue relaciona
uma safra com um ano**

```
<owl:Class rdf:ID="VintageYear" />
```

```
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="yearValue">
```

```
  <rdfs:domain rdf:resource="#VintageYear" />
```

```
  <rdfs:range rdf:resource="
```

```
    "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#positiveInteger"/>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```



Ano tem que ser um inteiro positivo

OWL – Wine

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="locatedIn">  
  ...  
  <rdfs:domain  
    rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing" />  
  <rdfs:range rdf:resource="#Region" />  
</owl:ObjectProperty>
```

Propriedade locatedIn relaciona coisas com a região onde estão localizadas

OWL – Wine

Instanciação

- Vamos agora dar valor para as propriedades das instâncias das classes...

OWL – Wine

```
<Region rdf:ID="SantaCruzMountainsRegion">  
  <locatedIn rdf:resource="#CaliforniaRegion" />  
</Region>
```

```
<Winery rdf:ID="SantaCruzMountainVineyard" />
```

```
<CabernetSauvignon  
  rdf:ID="SantaCruzMountainVineyardCabernetSauvignon" >  
  <locatedIn rdf:resource="#SantaCruzMountainsRegion"/>  
  <hasMaker rdf:resource="#SantaCruzMountainVineyard" />  
</CabernetSauvignon>
```

OWL – Wine

```
<VintageYear rdf:ID="Year1998">  
  <yearValue rdf:datatype="  
    http://www.w3.org/2001/XMLSchema#positiveInteger">1998</yearValue>  
</VintageYear>
```

Propriedade datatype ligando uma safra a um ano

Transitividade

$P(x,y)$ e $P(y,z)$ implica $P(x,z)$

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="locatedIn">  
  <rdf:type  
    rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#TransitiveProperty" />  
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#" Thing" />  
  <rdfs:range rdf:resource="#Region" />  
</owl:ObjectProperty>
```

```
<Region rdf:ID="SantaCruzMountainsRegion">  
  <locatedIn rdf:resource="#CaliforniaRegion" />  
</Region>
```

```
<Region rdf:ID="CaliforniaRegion">  
  <locatedIn rdf:resource="#USRegion" />  
</Region>
```

**Como
SantaCruzMountainRegion
está localizada na
Californiaregion, e a
CaliforniaRegion está
localizada na USRegion,
então
SantaCruzMountainRegion
também está localizada na
USRegion**

Simetria

$P(x,y)$ se e somente se $P(y,x)$

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="adjacentRegion">  
  <rdf:type rdf:resource="  
    http://www.w3.org/2002/07/owl#SymmetricProperty" />  
  <rdfs:domain rdf:resource="#Region" />  
  <rdfs:range rdf:resource="#Region" />  
</owl:ObjectProperty>
```

```
<Region rdf:ID="MendocinoRegion">  
  <locatedIn rdf:resource="#CaliforniaRegion" />  
  <adjacentRegion rdf:resource="#SonomaRegion" />  
</Region>
```

**MendocinoRegion é
adjacente a
CaliforniaRegion, portanto
CaliforniaRegion também é
adjacente a
MendoncinoRegion**

Propriedade Funcional

$P(x,y)$ e $P(x,z)$ implica $y = z$

Propriedade se comporta como uma **função**:
para um indivíduo X , a propriedade tem
sempre o mesmo valor

```
<owl:Class rdf:ID="VintageYear" />
```

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasVintageYear">
```

```
<rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#FunctionalProperty" />
```

```
<rdfs:domain rdf:resource="#Vintage" />
```

```
<rdfs:range rdf:resource="#VintageYear" />
```

```
</owl:ObjectProperty>
```

Uma safra só pode ser de um ano específico

Inverso

$P1(x,y)$ se e somente se $P2(y,x)$

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasMaker">  
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#  
    FunctionalProperty" />  
</owl:ObjectProperty>
```

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="producesWine">  
  <owl:inverseOf rdf:resource="#hasMaker" />  
</owl:ObjectProperty>
```

Vinho tem produtores, que na definição de vinho (Wine) está restrito a vinícolas (WineryS). Então cada vinícula produz o conjunto de vinhos que a identifica como produtor.

Propriedade Funcional Inversa

$P(y,x)$ e $P(z,x)$ implica $y = z$

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasMaker" />
```

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="producesWine">
```

```
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#  
    InverseFunctionalProperty" />
```

```
  <owl:inverseOf rdf:resource="#hasMaker" />
```

```
</owl:ObjectProperty>
```

producesWine é uma propriedade funcional. Então a propriedade poderia ter sido declarada como funcional, e sua inversa como funcional inversa. O resultado dessas declarações seriam o mesmo que o da transparência anterior.

allValuesFrom, someValuesFrom

- As restrições, sobre os tipos dos elementos que formam uma propriedade, que vimos até agora são globais – se aplicam a todas as classes que possuem uma determinada propriedade
- É possível fazer restrições locais (só para uma dada classe) usando **allValuesFrom**, **someValuesFrom**

allValuesFrom

```
<owl:Class rdf:ID="Wine">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-
    guide-20040210/food#PotableLiquid" />
  ...
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hasMaker" />
      <owl:allValuesFrom rdf:resource="#Winery" />
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
  ...
</owl:Class>
```

Todos os valores de hasMaker da classe Wine devem ser da classe Winery – o produtor de vinho deve ser uma vinícola. Isso não se aplica a produtores de queijo, por exemplo.

someValuesFrom

```
<owl:Class rdf:ID="Wine">
  <rdfs:subClassOf
    rdf:resource="http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-
      20040210/food#PotableLiquid" />
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hasMaker" />
      <owl:someValuesFrom rdf:resource="#Winery" />
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
  ...
</owl:Class>
```

Pelo menos um dos valores de hasMaker da classe Wine deve ser da classe Winery

Diferença

Quantificadores universal e existencial

Relação	Implicação
allValuesFrom	Para todos os vinhos, se eles possuem produtores, então todos os produtores são vinícolas
someValuesFrom	Para todos os vinhos, pelo menos um de seus produtores é uma vinícola

Cardinalidade

- Mínima
 - owl:minCardinality
- Máxima
 - owl:maxCardinality
- Exata (denota exatamente quantas ocorrências podem aparecer)
 - owl:cardinality

hasValue

Permite especificar classes baseadas na existência de valores de determinadas propriedades

- Um indivíduo será um membro de tal classe se pelo menos um dos valores de sua propriedade tiver o valor especificado em **hasValue**

hasValue

```
<owl:Class rdf:ID="Burgundy">  
  ...  
  <rdfs:subClassOf>  
    <owl:Restriction>  
      <owl:onProperty rdf:resource="#hasSugar" />  
      <owl:hasValue rdf:resource="#Dry" />  
    </owl:Restriction>  
  </rdfs:subClassOf>  
</owl:Class>
```

Todos os vinhos Burgundy são secos – devem ter o valor da propriedade hasSugar = Dry

Mapeamento de ontologias

Para diminuir o esforço de definir novas ontologias, elas precisam ser compartilhadas

- Reutilizar ontologias existentes quando se define uma nova

Food e Wine

No nosso exemplo, estamos reusando a ontologia **Food** para definir a ontologia **Wine**

- Conceitos em ambas ontologias devem ser ligados e/ou refinados

Equivalência

- Equivalência entre classes
 - owl:equivalentClass
- Equivalência entre propriedades
 - owl:equivalentProperty

equivalentClass

Na ontologia Food, queremos dizer que a classe Wine é equivalente à classe Wine da ontologia Wine

```
<owl:Class rdf:ID="Wine">  
  <owl:equivalentClass  
    rdf:resource="http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-  
    20040210/wine#Wine"/>  
</owl:Class>
```

Identidade entre indivíduos

Permite declarar que dois indivíduos (instâncias) são idênticos

- owl:sameAs

```
<Wine rdf:ID="MikesFavoriteWine">  
  <owl:sameAs rdf:resource="#StGenevieveTexasWhite" />  
</Wine>
```

Alternativa...

```
<owl:Thing rdf:about="#BancroftChardonnay">  
  <hasMaker rdf:resource="#Bancroft" />  
  <hasMaker rdf:resource="#Beringer" />  
</owl:Thing>
```

Como hasMaker é uma propriedade funcional, a declaração acima implica que Bancroft = Beringer

Indivíduos diferentes

```
<WineSugar rdf:ID="OffDry">  
  <owl:differentFrom rdf:resource="#Dry"/>  
  <owl:differentFrom rdf:resource="#Sweet"/>  
</WineSugar>
```

Outro mecanismo:

```
<owl:AllDifferent>  
  <owl:distinctMembers rdf:parseType="Collection">  
    <vin:WineColor rdf:about="#Red" />  
    <vin:WineColor rdf:about="#White" />  
    <vin:WineColor rdf:about="#Rose" />  
  </owl:distinctMembers>  
</owl:AllDifferent>
```

Classes Complexas

- Operações sobre conjuntos
- Classes enumeradas
- Classes disjuntas

Operações sobre conjuntos

- owl:intersectionOf
- owl:unionOf
- owl:complementOf

Intersecção

```
<owl:Class rdf:ID="WhiteWine">  
  <owl:intersectionOf rdf:parseType="Collection">  
    <owl:Class rdf:about="#Wine" />  
    <owl:Restriction>  
      <owl:onProperty rdf:resource="#hasColor" />  
      <owl:hasValue rdf:resource="#White" />  
    </owl:Restriction>  
  </owl:intersectionOf>  
</owl:Class>
```

Classe WhiteWine é definida como uma intersecção da classe Wine

Intersecção

```
<owl:Class rdf:about="#Burgundy">  
  <owl:intersectionOf rdf:parseType="Collection">  
    <owl:Class rdf:about="#Wine" />  
    <owl:Restriction>  
      <owl:onProperty rdf:resource="#locatedIn" />  
      <owl:hasValue rdf:resource="#BourgogneRegion" />  
    </owl:Restriction>  
  </owl:intersectionOf>  
</owl:Class>
```

Classe Burgundy é definida como os vinhos que tem pelo menos uma propriedade locatedIn definida como BourgogneRegion

União

```
<owl:Class rdf:ID="Fruit">  
  <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">  
    <owl:Class rdf:about="#SweetFruit" />  
    <owl:Class rdf:about="#NonSweetFruit" />  
  </owl:unionOf>  
</owl:Class>
```

As instâncias de Fruit podem ser tanto instâncias de SweetFruit quanto de NonSweetFruit

Complemento

```
<owl:Class rdf:ID="ConsumableThing" />
```

```
<owl:Class rdf:ID="NonConsumableThing">
```

```
  <owl:complementOf rdf:resource="#ConsumableThing" />
```

```
</owl:Class>
```

Classes enumeradas

Especificar a classe através da enumeração direta de suas instâncias

- owl:oneOf

oneOf

```
<owl:Class rdf:ID="WineColor">  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#WineDescriptor"/>  
  <owl:oneOf rdf:parseType="Collection">  
    <owl:Thing rdf:about="#White"/>  
    <owl:Thing rdf:about="#Rose"/>  
    <owl:Thing rdf:about="#Red"/>  
  </owl:oneOf>  
</owl:Class>
```

Classes disjuntas

Garante que um indivíduo que é membro de uma classe não pode ser membro de outra classe simultaneamente

disjointWith

```
<owl:Class rdf:ID="Pasta">  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#EdibleThing"/>  
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Meat"/>  
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Fowl"/>  
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Seafood"/>  
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Dessert"/>  
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Fruit"/>  
</owl:Class>
```

Exemplos de uso da Ontologia

Portal de vinhos

- A ontologia poderia ser usada para montar a estrutura navegacional do site
- Consultas poderiam explorar a ontologia e recuperar informações relevantes sobre vinhos
 - Ex.: Se fizéssemos uma consulta a um termo da ontologia, a consulta poderia ser expandida, incluindo as subclasses, por exemplo, para encontrar respostas mais relevantes

Exemplos de uso da Ontologia

Agentes de vinhos

- Recomendar vinhos para acompanhar comidas
- Fornecer informações sobre um determinado tipo de vinho
- etc...

Editor de Ontologias

- Protege: <http://protege.stanford.edu>

