



XXXI
CONGRESSO
BRASILEIRO
DE CIÊNCIA
DO SOLO

CONQUISTAS
& DESAFIOS
da Ciência do
Solo brasileira



De 05 a 10 de agosto de 2007 Serrano Centro de Convenções - Gramado-RS

BASE DE CONHECIMENTO DE SOLOS E DA APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS PARA A AVALIAÇÃO DA APTIDÃO PEDOLÓGICA DA CULTURA DO DENDÊ – CONTRIBUIÇÃO AO PROGRAMA DE BIOCOMBUSTÍVEL

M. S. P. Meirelles^{1,2}

V. H. M. Azevedo²

R. P. D. Ferraz¹

A. Ramalho Filho¹

¹Embrapa Solos –Rua Jardim Botânico, 1024 – Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ, CEP 20.460-000

[{margaret, rodrigo, ramalho} @cnps.embrapa.br](mailto:{margaret,rodrigo,ramalho}@cnps.embrapa.br); vhmeirelles@gmail.com,

Resumo

O propósito deste trabalho é criar uma base de conhecimento que armazene informações sobre o processo de avaliação da aptidão agrícola do cultivo do dendê no âmbito do projeto de zoneamento agro-ecológico nas áreas desmatadas da Amazônia Legal, com o intuito de apoiar o programa de biocombustível do governo brasileiro. Este artigo descreve o processo de elaboração das ontologias de domínio, que representam o conhecimento especialista nesta área de interesse, utilizando um processo de engenharia do conhecimento. Este trabalho pretende extrair e armazenar informações dos especialistas em solos, aptidão agrícola e da cultura do dendê, sistematizando este conhecimento numa base de conhecimento, o que possibilita sua utilização em outras regiões geográficas ou por outros usuários de forma mais automatizada. Esta base serve como um repositório organizado do conhecimento, que poderá, a partir desta metodologia, ser ampliado para demais culturas de interesse do governo brasileiro. A linguagem Ontology Web Language (OWL) e o editor de ontologias Protege, de domínio público, foram utilizados para elaborar o modelo e compartilhar a informação. Neste momento, está sendo desenvolvido, no âmbito do referido projeto, um sistema visando realizar a classificação automática da aptidão agrícola do dendê e de outras culturas utilizando a base de conhecimento modelada.

Palavras-chave: base de conhecimento; ontologia; aptidão agrícola das terras; pedologia; cultura do dendê, biocombustível.

Introdução

A partir do crescimento da área de inteligência artificial, e, mais particularmente, dos sistemas especialistas, a representação do conhecimento em um formato estruturado, vem sendo cada vez mais aplicada em diversas áreas de conhecimento, uma vez que, através de um sistema computacional torna-se possível realizar inferências dedutivas e indutivas. Os sistemas especialistas são sistemas computacionais que utilizam uma base de conhecimento para resolver problemas que tradicionalmente necessitariam de um especialista humano em um domínio de interesse. A base de conhecimento é o componente do sistema especialista que armazena fatos sobre os termos do domínio de interesse e as relações entre os termos e os fatos.

Neste contexto, surgem as ontologias, no âmbito dos sistemas especialistas, herdando o termo homônimo da filosofia. Gruber (1993), define uma ontologia como uma especificação explícita de uma conceituação: conceitos, objetos e outras entidades que se assume existir em uma área de conhecimento e o relacionamento entre eles. A conceituação referida é uma visão simplificada e abstrata do universo de discurso cujo conhecimento se deseja representar de maneira formal para atender a um propósito específico.

Neste trabalho pretendeu-se descrever o processo de engenharia do conhecimento que vem sendo desenvolvido na Embrapa Solos/ Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS) para elaborar uma base formal que armazene o conhecimento especialista em solos e aptidão agrícola das terras tendo como aplicação a cultura do dendê no âmbito do projeto: Zoneamento Agro-ecológico da Cultura do Dendê na Amazônia Legal, denominado Zondende. Este projeto visa conhecer o potencial da produção sustentada desta

¹ ²Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação /
Geomática – Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

cultura oleaginosa nas áreas desmatadas da região amazônica, com ênfase para produção de biodiesel. A criação desta base de conhecimento teve como objetivo criar um meio de armazenar o conhecimento sobre mapeamento pedológico e aptidão agrícola das terras de forma que este conhecimento possa ser compartilhado por outros interessados ou por softwares capazes de realizar inferências no modelo.

Fundamentação Teórica

Segundo (Noy e McGuinness 2001), ontologias vêm se tornando comuns na *web*, variando de taxonomias para categorizar *sites web* até classificação de produtos e serviços para venda. Muitas linguagens e ferramentas vêm sendo desenvolvidas para representar ontologias ultimamente. Segundo (Horridge 2004), o desenvolvimento mais recente em padrão de linguagem de ontologia, é a *Ontology Web Language (OWL)* do consórcio WWW (W3C), que é uma linguagem de marcação que estende o vocabulário do *Resource Description Framework (RDF)*, com o objetivo de definir, publicar e compartilhar ontologias na *web*. Com ela, é possível definir os conceitos do domínio de interesse utilizando os indivíduos, classes e propriedades do seu universo e descrevê-los segundo um modelo lógico que conta com um conjunto rico de operadores. Entre as ferramentas, atualmente existe uma gama de ambientes de edição de ontologias que facilitam o trabalho de criação da base de conhecimento. Dentre eles pode-se destacar o *Protégé*, desenvolvido pelo laboratório de sistemas de conhecimento da Universidade de Stanford, e o *Ontolingua*. Segundo [Horridge 2004] a linguagem OWL é uma tentativa do consórcio W3C de criar uma linguagem padrão para representar ontologias. Uma ontologia pode ser modelada utilizando os três componentes básicos da linguagem OWL: Indivíduo, Classe e Propriedade. Os indivíduos representam os objetos físicos ou lógicos, concretos ou abstratos, no domínio de interesse. As propriedades são relações binárias estabelecidas entre os indivíduos do universo de discurso. Os indivíduos agrupam-se em conjuntos com características em comum. Estes conjuntos de indivíduos são as classes, que na ontologia é definida por um conjunto de regras que determinam quais indivíduos podem pertencer a ela. A figura 1 apresenta classes, indivíduos e relacionamentos gerados neste trabalho para o domínio da aptidão agrícola. No exemplo, os indivíduos muitoProfundo, profundo, poucoProfundo e raso pertencem a classe que representa a profundidade efetiva do solo enquanto os indivíduos nulo, moderado, ligeiro e forte pertencem a classe que representa o impedimento ao desenvolvimento radicular da planta. Pelo modelo, pode-se inferir que todo indivíduo de solo que possua profundidade efetiva rasa, possui um impedimento ao desenvolvimento radicular forte. Na ontologia, as propriedades estabelecem uma relação entre indivíduos (*object properties*) ou entre um indivíduo e um valor literal (*datatype properties*). Dentro da hierarquia de classes, uma propriedade que pertence à classe mais geral é herdada pela classe mais específica, portanto, ao definir à que classe de indivíduos a propriedade

pertence deve-se considerar a classe mais geral possível na hierarquia. Toda propriedade que relaciona dois indivíduos possui uma propriedade inversa que vincula as classes no sentido oposto. As propriedades em uma ontologia possuem um domínio que determina as classes que utilizam a propriedade e um conjunto de possíveis valores (*range*) que ela pode assumir dentro da hierarquia de classes. As propriedades vinculam indivíduos do seu domínio a indivíduos do seu *range*. As classes dentro da ontologia são definidas por um conjunto de restrições que determinam quais indivíduos podem pertencer a ela. Estas restrições são determinadas a partir das condições necessárias e das condições necessárias e suficientes atribuídas à classe. Nas condições necessárias, os indivíduos que atendem às restrições podem ser membros da classe, porém não há garantia de que todos os indivíduos que atendam as restrições sejam membros da classe. Já nas condições necessárias e suficientes, pode-se afirmar que todos os indivíduos que atendem as condições são membros da classe. Para definir as condições de cada classe, existe um conjunto de operadores lógicos de restrição na linguagem OWL. Através das condições definidas para cada classe, podemos validar a ontologia criada utilizando uma máquina de inferência capaz de verificar se os indivíduos cadastrados podem pertencer as suas respectivas classes e se eles podem ou devem pertencer a outras classes. Segundo [Rector 2004], de forma pragmática, a descrição das classes através de restrições deve ser realizada, quando existe a necessidade de realizar classificações automáticas de indivíduos da ontologia. Um aspecto importante da linguagem OWL é o reuso de ontologias. A linguagem permite a importação de ontologias já criadas e compartilhadas em bibliotecas de ontologias. Ao importar uma ontologia todos os elementos, descrições e axiomas contidos na ontologia importada estarão disponíveis para serem usados na ontologia importadora. Uma ontologia de classificação de solos para sistemas de zoneamento agrícola no âmbito do Agrissolos vem sendo desenvolvida [Fileto 2005]. Esta representação se baseia no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), desenvolvido pela EMBRAPA SOLOS.

Materiais e Métodos

Base de Conhecimento - O processo de engenharia do conhecimento utilizado nesta pesquisa visou criar uma base de conhecimento formada por um conjunto de ontologias criadas em formato OWL que se relacionam através do reuso de três domínios: atributos de solos para a aptidão, aptidão agrícola dos solos e requisitos da cultura do dendê. Na ontologia de atributos de solos são descritas as informações advindas de um levantamento de solos, relevantes para a avaliação da aptidão agrícola. A ontologia no domínio da aptidão agrícola visa elaborar uma base formal de conhecimento para o método de avaliação da aptidão agrícola das terras descrita por Ramalho Filho e Beek (1995), fazendo uso dos termos descritos na ontologia de atributos de solo. A ontologia que descreve os requisitos da cultura do dendê tem como objetivo estabelecer um modelo formal para avaliar a

aptidão dos solos especificamente para o dendê, reutilizando o conhecimento armazenado de aptidão agrícola das terras. A elaboração das ontologias é o resultado do processo de engenharia do conhecimento, que envolve tanto os engenheiros do conhecimento quanto os especialistas nos domínios de solos, agricultura e cultura do dendê. Sendo assim, o trabalho foi subdividido nas seguintes etapas: pesquisa bibliográfica à documentação técnica do sistema de banco de dados de solos da Embrapa Solos (SIGSOLOS); workshops com os especialistas em solos da Embrapa Solos; reunião técnica com os especialistas em cultivo do dendê; reunião técnica com os especialistas em avaliação da aptidão agrícola; pesquisa bibliográfica: ao sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (Ramalho e Beek, 1995); Manual Normativo de Levantamento Pedológico (Santos 1995); Classes Gerais de solos do Brasil (Oliveira, Jacomine e Camargo, 1992); Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). As informações obtidas durante o processo de engenharia do conhecimento foram utilizadas para elaborar a base de conhecimento sobre aptidão agrícola para a cultura do dendê utilizando o editor de ontologias Protégé com plugin OWL. Em seguida, utilizou-se a metodologia de Engenharia de Conhecimento descrita por Noy e McGuinness (2001). Assim sendo, determinou-se o domínio e o escopo da ontologia; considerou-se a reutilização de ontologias existentes; enumerou-se os termos importantes na ontologia; definiu-se as classes e a hierarquia de classes; definiu-se as propriedades das classes; as condições e restrições que descrevem estas classes; e finalmente, criou-se os indivíduos.

Resultados e Discussão

A partir do conhecimento dos especialistas em ciência do solo, foram identificados termos, definidas classes de indivíduos da ontologia e os relacionamentos do tipo superclasse-subclasse criando uma hierarquia de classes. A figura 3 apresenta uma parte da hierarquia desta ontologia. A tabela 1 apresenta a lista de termos do domínio obtidos junto aos especialistas. A figura 4 apresenta a hierarquia de classes definida a partir dos termos identificados na tabela de termos.

Um dos benefícios pretendidos com a base de conhecimento é a possibilidade de compartilhar as informações do domínio. O Protégé-OWL permite que a ontologia seja gerada no formato de documentos HTML. As páginas geradas podem ser compartilhadas em um ambiente distribuído (rede local, intranet, internet e etc). A figura 5 apresenta a documentação gerada para a ontologia de aptidão agrícola.

Conclusões e Considerações Finais

A metodologia se mostrou um mecanismo de interação eficiente entre os integrantes da equipe responsável pela elaboração de ontologias. Por ser um processo interativo, beneficiou o nivelamento de conhecimento entre especialistas em solos e engenheiros de

conhecimento tanto na área de sistemas especialistas quanto na área de pedologia. Obteve-se no final da criação da base de conhecimento uma representação da realidade validada pelos especialistas e por uma máquina de inferência. Com o objetivo de validar o modelo, serão obtidos indivíduos utilizando as informações de solos contidas nas fontes de dados de solos do projeto. Com a elaboração da ontologia específica para a cultura do dendê, foi criado um modelo lógico para classificar os solos de um mapa pedológico segundo as classes definidas na ontologia de aptidão agrícola. Com a utilização do reuso, pode-se futuramente elaborar ontologias para outras culturas e realizar a classificação da aptidão baseada nas regras representadas na ontologia de cada cultura. Além de armazenar o conhecimento especialista nas áreas de solo e aptidão agrícola em um formato padrão, o uso das ontologias permite que este conhecimento seja compartilhado entre os interessados. A linguagem OWL permite que regras de restrição de classes sejam criadas, possibilitando uma classificação de indivíduos de solos nas classes de aptidão agrícola mais adequada de acordo com os requisitos de cada cultura.

Referencias Bibliográficas

- Alvarenga, L. (2003) "Representação do Conhecimento na Perspectiva da Ciência da Informação em Tempo e Espaço Digitais", Encontros Bibli, Universidade Federal de Santa Catarina, SC, ISSN: 1518-2924, Brasil.
- Embrapa, Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (edit.técnicos Santos H. G. – 2 ed – Rio de Janeiro embrapa Solos/CNPS - 2006
- Fileto, R. et al. (2005) "Uma Arquitetura para Sistema de Informação de Solos voltada para Zoneamento Agrícola", Agrissolos, Congresso da Sociedade Brasileira de Informática Agropecuária, Londrina, Brasil.
- Gruber, T. R. (1993) "Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing", Stanford Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, Palo Alto, CA, USA.
- Horridge, M. et. al. (2004) "A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using The Protégé-OWL Plugin and CO-ODE Tools", Edition 1.0, The University Of Manchester.
- Noy, N. F. e McGuinness, D. L. (2001) "Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology", Stanford Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, Stanford, CA, USA.
- Oliveira, J. B., Jacomine, P. K. T., Camargo, M. N. (1992) "Classes Gerais de Solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento", Jaboticabal, FUNEP.
- Ramalho, A. e Beek, K. J. (1995) "Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras", Embrapa, Rio de Janeiro, Brasil.
- Santos, H. G. Et al. (1995) "Procedimentos Normativos de Levantamentos Pedológicos", Rio de Janeiro, RJ, EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos.
- Rector, A. et. al. (2004) "OWL Pizzas: Practical Experiences of Teaching OWL-DL: Common Errors and Common Patterns", EKAW 2004, 14th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management, Whittlebury Hall, Northamptonshire, UK.
- Azevedo, V. H. M. et. al. (2006) "Interoperabilidade entre Objetos Geográficos Heterogêneos", Geoinfo 2006, VIII Simpósio Brasileiro de Geoinformática, Campos do Jordão, São Paulo, Brasil.

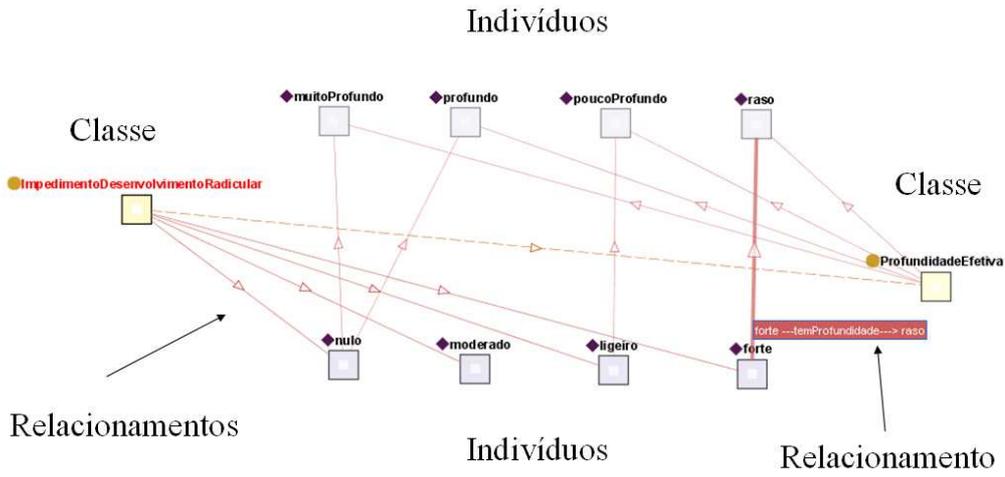


Figura 1. Classes, Indivíduos e Relacionamentos na OWL

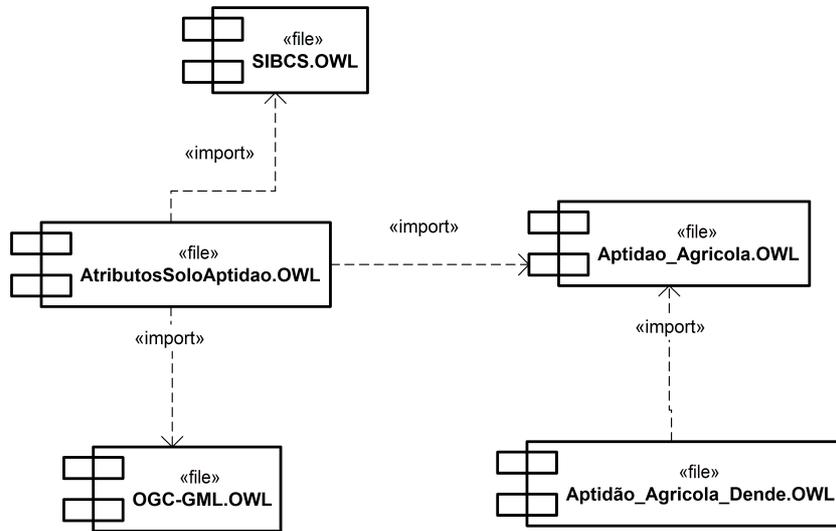


Figura 2. Diagrama de Componentes da base de Conhecimento

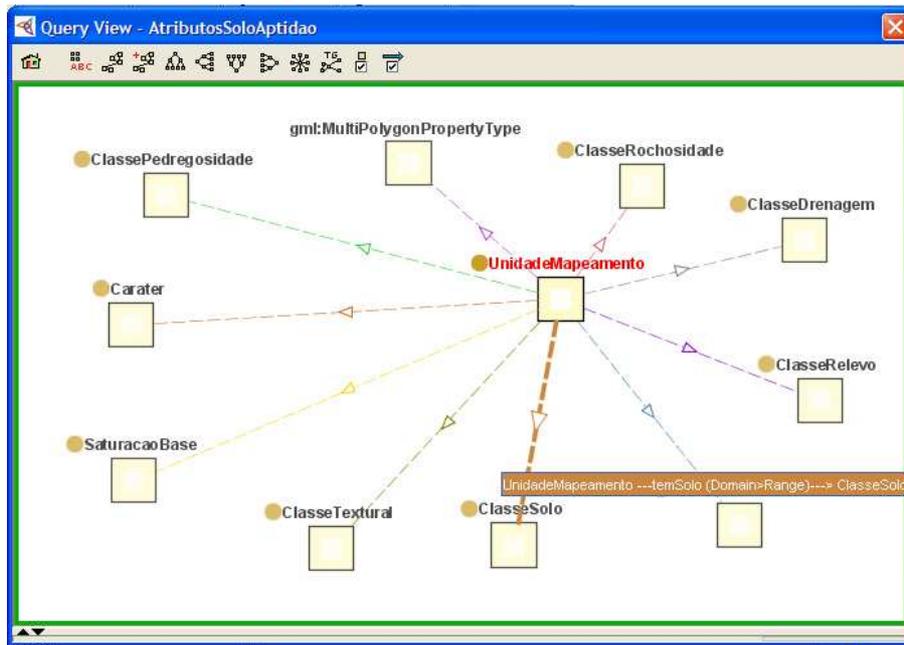


Figura 3. Hierarquia de Classes do domínio de atributos de solo

Tabela 1. Tabela de Termos da Ontologia da Aptidão Agrícola

Solo	Mapeamento pedológico	Levantamento pedológico	Aptidão agrícola do solo
Cultura	Condições de manejo	unidade de solo	unidade de mapeamento
Níveis de manejo	Classe de aptidão	Aptidão Preferencial	Aptidão regular
Aptidão Marginal	Aptidão Inadequada	Aptidão Simbologia	Cores
Tipos de uso da terra	Silvicultura	Plantagem plantada	Lavoura
Lavoura Anual	Lavoura semi-perene	Lavoura perene	Sistemas de produção
Plantio direto	Excesso de água	Requisitos da Cultura	Adubação com NPK
Cultivo Mínimo	Suscetibilidade à erosão	Zona Climática	Calagem
Plantio convencional	Impedimentos à mecanização	Viabilidade de melhoramento	Dessalinização
Sistemas agro-florestais	Impedimento ao desenvolvimento radicular	Práticas de melhoramento	Drenagem
Sistemas agro-ecológicos	Impedimento Físico	Classes de Melhoramento	Cobertura morta
Integração lavoura-pecuária	Impedimento químico	deficiência de fertilidade	Diques
Sistema de pastejo rotacionado	Limitação do uso	Adubação verde	Controle de Voçorocas
Fatores Limitantes do solo	Peso do fator limitante	Incorporação de esterco	Níveis de aplicação de insumos
Deficiência de fertilidade	Peso do requisito da cultura	Aplicação de tortas diversas	Práticas conservacionistas
Deficiência de água	Grau de limitação	Correção do solo	Nível de possibilidade de mecanização

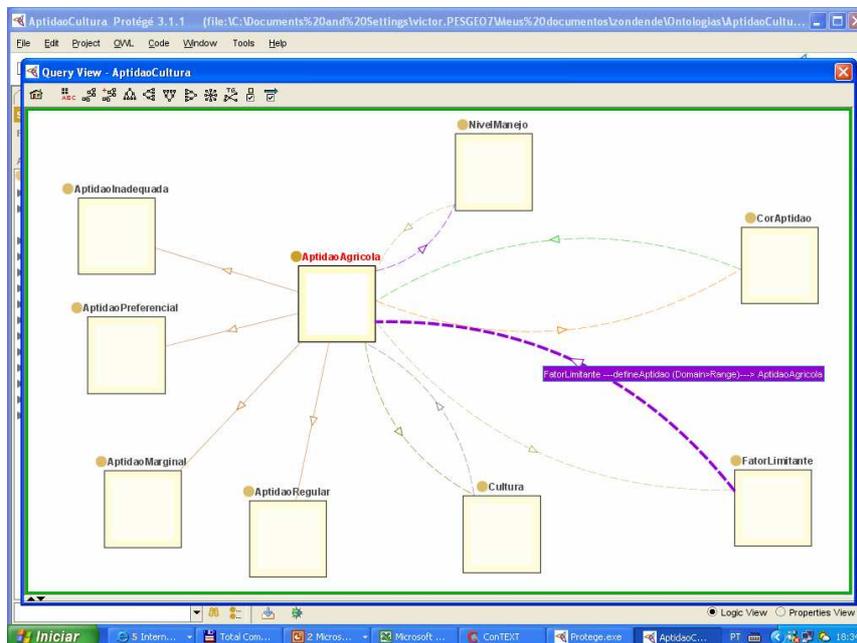


Figura 4. Hierarquia de Classes de aptidão agrícola

Figura 5. Documentação da ontologia de aptidão agrícola disponibilizada na intranet