
Tecnologias da Web Semântica na Geração de
Interfaces Gráficas para Sistemas de Apoio a
Decisão, caso SustenAgro

John Freddy Garavito Suárez

SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO ICMC-USP

Data de Depósito:

Assinatura:

Tecnologias da Web Semântica na Geração de Interfaces para Sistemas de Apoio a Decisão, caso SustenAgro

John Freddy Garavito Suárez

Orientador: Prof. Dr. Dilvan de Abreu Moreira

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC-USP, para o Exame de Qualificação, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências - Ciências de Computação e Matemática Computacional.

**USP – São Carlos
Fevereiro de 2015**

RESUMO

A cana-de-açúcar tem sido uma cultura tradicional do Brasil, atualmente é uma das mais importantes pela relevância na economia e por ter a terceira posição em superfície ocupada no território nacional, essa cultura também pode ser entendida como um sistema de produção agrícola pelos diversos fatores e fenômenos que integra, envolvendo fatores ambientais, sociais e econômicos, o que dificulta a compreensão e conservação a longo prazo deles, para diminuir a incerteza é necessário ter uma base conceitual dos aspectos críticos para tomar decisões que garantam a sustentabilidade desses tipos de sistemas produtivos.

O problema que é abordado na presente pesquisa é como desenvolver um sistema de apoio à decisão, por meio das tecnologias da web semântica, para manter uma base conceitual adaptável às mudanças do domínio, que dê suporte ao armazenamento e à recuperação de informação e que permita uma interface gráfica flexível aos conceitos envolvidos, para realizar o processo de avaliação da sustentabilidade dos sistemas produtivos de cana-de-açúcar no centro-sul do Brasil.

Para sistematizar o processo de avaliação da sustentabilidade é necessário representar o domínio de conhecimento por meio da definição de uma ontologia que represente os conceitos dos especialistas e a metodologia de avaliação da sustentabilidade desenvolvida pela Embrapa Meio Ambiente, constituindo assim a base conceitual do sistema web SustenAgro que integrará tecnologias da web semântica como ontologias, armazenamento em *triplestore*, consultas semânticas e as *Domain Specific Language (DSL)*, satisfazendo vários requisitos de *Flexibility* e *Usability* do Sistema Web.

Além dessa ontologia será desenvolvida uma ontologia que represente a interface gráfica, a qual será usada por uma DSL que permitirá definir interfaces gráficas baseadas nos conceitos do domínio, permitindo desta maneira o desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão flexíveis ao domínio do conhecimento.

Os principais aportes do projeto são: as duas ontologias para representação do domínio e as *DSL* que têm a finalidade de facilitar a modificação dos conceitos do domínio e da interface gráfica por parte dos especialistas, fornecendo desta maneira a flexibilidade do sistema na adaptação às mudanças.

Palabras clave: Sistema web, Sistemas de apoio a decisão, Metodologia de avaliação da sustentabilidade, Sistema agrícola, Sistemas produtivos de cana-de-açúcar.

Sumário

1. Introdução	1
1.1. Motivação	2
1.2. Objetivos	3
1.3. Organização	4
2. Sistemas de Apoio a Decisão	5
2.1. Arquitetura para Sistemas de Apoio a Decisão	6
2.2. Domain Specific Languages	7
2.3. Considerações Finais	8
3. Web Semântica	9
3.1. Resource Description Framework (RDF)	10
3.2. Ontologias	11
3.2.1. Web Ontology Language	12
3.3. Considerações finais	14
4. Trabalhos Relacionados	15
4.1. Frameworks	15
4.2. Ontologias	16
4.3. Considerações finais	17
5. Proposta de Trabalho	19
5.1. Arquitetura do Sistema	20
5.2. Ontologia do Domínio	21
5.3. TripleStore	23
5.4. Ontologia de Controles Gráficos	23
5.5. DSL de Interfaces	23
5.6. Sistema Gerador de Interfaces Gráficas	24
5.7. Considerações Finais	24

Sumário

6. Resultados	27
6.1. Ontologia de Domínio do SustenAgro	27
6.2. User Stories	30
6.3. Scenarios	34
6.4. Storyboard	37
6.5. Mockups das Interfaces do SustenAgro	39
6.6. Protótipo da Interface Gráfica do SustenAgro	39
6.7. Produções Científicas até o momento	39
7. Plano de Trabalho	45
7.1. Metodologia	45
7.1.1. Ontologias	45
7.1.2. Sistema SustenAgro Web	47
7.2. Atividades Previstas e Cronograma	48
7.2.1. Atividades Concluídas até o Momento	49
7.2.2. Resultados esperados	49
7.3. Dificuldades e Limitações	50
8. Referências	51
A. Projeto SustenAgro	55
B. Avaliação de Sustentabilidade	59
B.1. Critérios de Sustentabilidade	60
B.2. Dimensões da Sustentabilidade	61
B.3. Atributos Norteadores	62
B.4. Indicadores de Sustentabilidade	62
B.5. Limiares de Sustentabilidade	64
B.6. Índice de Sustentabilidade	65

Lista de Figuras

2.1. Componentes de um SAD (Júnior, 2006).	6
3.1. História da Web Semântica	10
3.2. Smart data continuum: níveis de representação de dados na forma de conhecimento processável por máquinas.	11
3.3. OWL2 Profiles.	14
5.1. Arquitetura de SustenAgro	20
5.2. Primeiro esboço do mapa conceitual	22
5.3. Processo de geração de interfaces gráficas	24
6.1. Mapa conceitual - Ambiental	28
6.2. Mapa conceitual - Social	29
6.3. Mapa conceitual - Dimensão Econômica primeira parte.	31
6.4. Mapa conceitual - Dimensão Econômica segunda parte.	32
6.5. Mapa conceitual - Método	33
6.6. Storyboards números 1–3.	37
6.7. Storyboards números 4–6.	38
6.8. Mockup da tela da Home Page do SustenAgro.	40
6.9. Mockup da tela de indicadores do SustenAgro.	41
6.10. Protótipo do SustenAgro – Home Page.	42
6.11. Protótipo do SustenAgro - Indicadores.	43
7.1. Metodologia de definição das ontologias	46
A.1. Descrição do projeto SustenAgro	56
A.2. Detalles do projeto SustenAgro	57
B.1. Dimensões da sustentabilidade	61

Lista de Tabelas

7.1. Cronograma do projeto.	49
-------------------------------------	----

Lista de Abreviaturas e Siglas

CEPAL Economic Commission for Latin America and the Caribbean

CSS Cascading Style Sheets

DSL Domain Specific Language

Embrapa Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO Food and Agriculture Organization

IDE Integrated Development Environment

KOS Knowledge Organization System

OWL Web Ontology Language

PNUMA Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

RDF Resource Description Framework

SAD Sistemas de Apoio a Decisão

SPARQL SPARQL Protocol and RDF Query Language

W3C World Wide Web Consortium

XML Extensible Markup Language

CAPÍTULO
1

Introdução

Sistemas de produção agrícola, como a cana-de-açúcar e soja, são extremamente importantes para a economia do Brasil e de vários outros países. Eles são sistemas complexos que integram muitos fenômenos de natureza diversa (Simon, 1991). É possível identificar dentro deles três subsistemas, (i) o subsistema natural que fornece as condições físicas, químicas e biológicas que suportam o desenvolvimento das culturas, (ii) o subsistema social onde são integradas organizações e pessoas que influem na produção e comunicação, tanto externamente como internamente, dos sistemas produtivos, e (iii) o subsistema econômico que estabelece as condições de oferta e demanda dos produtos e subprodutos do sistema de produção agrícola. Das interações entre esses subsistemas, emerge um comportamento complexo que requer uma abordagem holística e estratégica para suportar a tomada de decisões que garantam a sustentabilidade do sistema.

Dada a complexidade dos sistemas de produção agrícola, surge a necessidade de avaliar o estado deles para conferir o correto funcionamento ou para tomar decisões que garantam a sustentabilidade deles, por esta razão serão desenvolvidas metodologias de avaliação de sustentabilidade que abordam a avaliação em termos de indicadores, medindo assim as características críticas destes sistemas, as quais indicam se existem problemas em cada um dos subsistemas mencionados, que também são chamados dimensões da sustentabilidade, segundo a literatura são divididas nas seguintes: dimensão ambiental, dimensão econômica e dimensão social (Olsson et al., 2009).

Com a finalidade de fornecer uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade que permita o uso massivo dela e seja adaptável às mudanças do domínio, propõe-se no presente projeto o desenvolvimento de um sistema computacional baseado na web semântica que

1. Introdução

tenha como base o conhecimento relacionado dos sistemas de produção de cana-de-açúcar no centro-sul do Brasil, este tipo de sistema é classificado como um sistema de apóio a decisão que contém o conhecimento de um domínio particular, sobre o qual é possível fazer inferências e assim realizar recomendações.

Para avaliar a sustentabilidade é preciso ter em conta os aspectos críticos em cada dimensão, e assim identificar possíveis fraquezas para tomar medidas corretivas que garantam produções sustentáveis, por isso foram definidos indicadores em cada uma das dimensões da sustentabilidade por parte de uma comunidade de especialistas (Oliveira Cardoso, 2013), esta definição será padronizada em um formato computacionalmente legível por meio de ontologias da web semântica que representam e organizam o conhecimento, conseguindo assim uma representação comprehensível pelos humanos e computadores (Allemang und Hendler, 2011), além de fornecer suporte com outras tecnologias da web semântica e assim realizar consultas complexas que permitam responder perguntas de interesse para os usuários do sistema.

A ontologia do conhecimento do domínio deve ser integrada com outra ontologia que representará os controles da interface gráfica, as duas ontologias darão suporte à definição dos conceitos do domínio e à interface gráfica por parte dos usuários e administradores, concedendo flexibilidade ao sistema para incluir cada um dos indicadores, métodos de avaliação e índices que serão construídos por parte dos especialistas do domínio.

Nesta pesquisa serão desenvolvidas as seguintes tecnologias: ontologia de avaliação da sustentabilidade, ontologia de controles de usuário, a *Domain Specific Language* (DSL) para definição de interfaces de usuário, o sistema gerador de interfaces e implementação do método de avaliação de sustentabilidade.

O sistema de avaliação da sustentabilidade intitulado SustenAgro faz parte de um macroprojeto de avaliação de sustentabilidade liderado pela Embrapa Meio Ambiente com a finalidade de embasar políticas públicas no setor produtivo da cultura de cana-de-açúcar no centro-sul do Brasil.

1.1. Motivação

O processo de avaliação da sustentabilidade da cultura de cana-de-açúcar está em constante construção e depende do contexto produtivo da organização da informação nas três dimensões de sustentabilidade (Oliveira Cardoso, 2013), consiste em um processo específico para cada cultura, embora nessas características o desenvolvimento de um sistema computacional para automatizar o método de avaliação, porém é necessária uma arquitetura que facilite a comunicação entre os especialistas do domínio e os desenvolvedores da ferramenta, neste sentido as ontologias satisfazem este requisito porque separam o conhecimento do domínio da lógica da computação, e assim, permitem abordar os desenvolvimentos de uma maneira independente, tanto do software como da representação

1.2. Objetivos

do conhecimento do domínio, por isso será desenvolvido primeiramente a ontologia SustenAgro para posteriormente desenvolver o sistema propriamente dito.

O conhecimento sobre sustentabilidade no sistema de produção de cana-de-açúcar será representado por meio de entidades, classes, relações semânticas e axiomas. Ditos elementos vão constituir a ontologia que será uma representação formal dos conceitos do domínio, os quais serão integrados em cada uma das funcionalidades do sistema permitindo uma personalização e vinculação da informação para satisfazer os requisitos do usuário.

A ontologia do SustenAgro também vai suportar uma DSL que permitirá a definição por parte dos administradores do sistema os elementos e os aspectos da interface gráfica do usuário, para assim fornecer flexibilidade na definição da interface grafica.

Finalmente outra característica que será implementada no sistema SustenAgro é a recuperação da informação com significado semântico, permitindo que o sistema dê respostas às consultas complexas de interesse para os especialistas.

1.2. Objetivos

Desenvolver um sistema web que permita realizar a avaliação da sustentabilidade nos sistemas produtivos de cana-de-açúcar no centro-sul do Brasil fazendo uso das tecnologias da web semântica para representar o conhecimento dos especialistas e flexibilizar a geração da interface gráfica de usuário.

Objetivos específicos

- Desenvolver uma ontologia sobre avaliação da sustentabilidade nos sistemas produtivos de cana-de-açúcar que vai ser a base conceitual e tecnológica do sistema SustenAgro.
- Desenvolver uma ontologia sobre controles visuais de interfaces gráficas que vai suportar a definição dos indicadores do sistema SustenAgro.
- Desenvolver uma DSL que usará a ontologia sobre controles visuais e que flexibilizará a definição da interface de usuário por parte dos administradores do sistema.
- Demonstrar que um sistema de apoio na tomada de decisões integrado baseado nas tecnologias da web semântica, permite a realização de consultas complexas que requerem conhecimento semântico, facilitando o processo de análises da informação por parte dos usuários.
- Definir uma arquitetura para sistemas de avaliação baseados em conhecimento de domínios específicos.

1. Introdução

1.3. Organização

Esta monografia de qualificação está organizada da seguinte forma: primeiramente é apresentado o capítulo “Introdução” que dá uma visão global do projeto e os objetivos que serão desenvolvidos. No capítulo “Sistemas de Apoio a Decisão” são apresentados os conceitos relacionados a esse tipo sistema. No capítulo “Web Semântica” é apresentada a fundamentação teórica da web semântica que suportará o desenvolvimento do sistema SustenAgro. No capítulo “Trabalhos Relacionados” são apresentadas as pesquisas relacionadas com avaliação da sustentabilidade nos sistemas produtivos de cana-de-açúcar e com a web semântica. No capítulo “Proposta de Trabalho” é apresentada uma descrição detalhada da proposta do trabalho. Desta proposta já realizaram-se avanços que serão apresentados no capítulo “Resultados”. Finalmente no capítulo “Plano de Trabalho” são apresentados a metodologia, os resultados esperados e o cronograma para condução das próximas etapas desta pesquisa. Em termos de anexos, são apresentados uma descrição do projeto SustenAgro no apêndice “Projeto SustenAgro” e os principais conceitos estudados na literatura científica que estão relacionados à área de avaliação da sustentabilidade no apêndice intitulado “Avaliação de Sustentabilidade”.

CAPÍTULO
2

Sistemas de Apoio a Decisão

A construção de sistemas que sejam capazes de fornecer um suporte ao gestor em um processo de tomada de decisões vem sendo um desafio ao longo dos anos. Sistemas de Apoio a Decisão (SAD) são sistemas que possuem meios que auxiliam a comparação, análise e apoio para escolha de alternativas num processo de decisão. Isso é feito usando metodologias feitas por especialistas da área em questão (Heinze et al., 2010).

SADs auxiliam tomadores de decisão dando-lhes um maior entendimento do domínio. Eles combinam as habilidades dos especialistas (humanos) à capacidade dos computadores de acessar uma vasta quantidade de dados, desenvolver modelos, interpretar, formular e avaliar alternativas e cenários distintos onde podem haver possíveis soluções para os problemas que se quer solucionar (Lu et al., 2006).

O autor Júnior (2006) cita algumas vantagens de SADs:

- Manuseio de extensos volumes de dados: estes sistemas permitem a utilização de grandes volumes de dados para analisar resultados;
- Captação de dados de várias fontes: SADs tem a capacidade de obter dados externos e integra-los a dados já existentes;
- Flexibilidade na geração de relatórios: sistemas desse tipo podem exibir relatórios e/ou resultados da forma que ficar melhor ao tomador de decisões;
- Solução de Problemas: tem-se a capacidade de encontrar melhores soluções em problemas simples e encontrar soluções viáveis em problemas complexos;

2. Sistemas de Apoio a Decisão

- Execução de simulações: um SAD pode fazer modificações teóricas nos dados e observar os impactos que isso causa nos resultados;
- Suporte a todos os níveis de tomada de decisões: esse tipo de sistema pode auxiliar em todos os níveis de tomada de decisões dentro de uma organização.

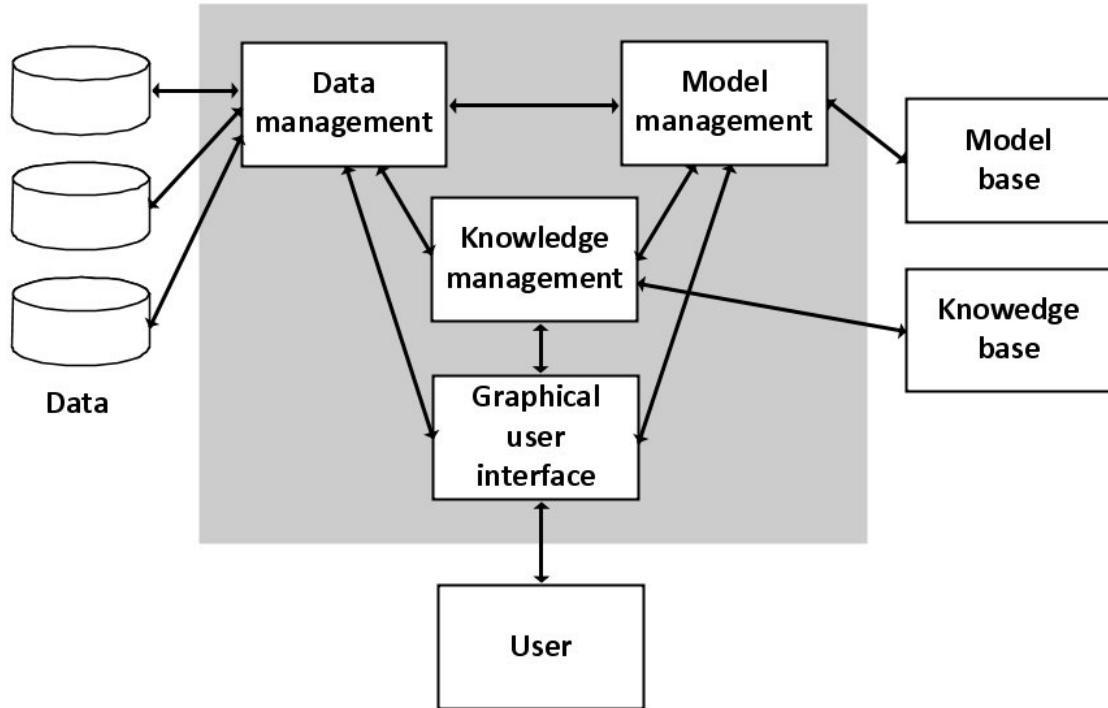


Figure 2.1.: Componentes de um SAD (Júnior, 2006).

A Figura 2.1 mostra os componentes de um SAD. Eles podem ser divididos em bancos de dados, banco de modelos e sistema de geração de relatórios. O banco de modelos armazena os vários modelos que auxiliam a criação de cenários para a tomada de decisões. Comparado com outras técnicas de criação de cenários (como sistemas especialistas), o uso de bancos de modelos são vantajosos, pois são menos dispendiosos e mais rápidos de implementar. É importante também que os bancos de dados sejam mantidos atualizados para um resultado confiável.

2.1. Arquitetura para Sistemas de Apoio a Decisão

A arquitetura de um software define a organização em termos de seus componentes, suas interconexões, suas interações e também suas principais propriedades (de Jong, 1997).

2.2. Domain Specific Languages

Ela fornece as informações de como os elementos envolvidos nela se relacionam. Arquiteturas trabalham a parte externa das ligações entre seus elementos, implementações internas desses elementos não são considerados arquiteturais (Sei, 2006).

SADs são criados por especialistas nas áreas de domínio nas quais eles serão aplicados e implementados por programadores. Esse pode ser um processo lento e custoso, já que os dois grupos de profissionais têm *backgrounds* diferentes e vão ter problemas de comunicação durante o processo de criação e testes de um SAD. Esses profissionais podem ser até de organizações diferentes, o que dificulta ainda mais o processo. Devido ao fato de que os elementos básicos de todo o SAD (Figura 2.1) serem muito parecidos, é possível criar uma arquitetura que possa ser re-usada em diferentes SADs (ou classes de SADs). Esta arquitetura pode ser baseada em componentes de software re-usáveis. Programadores podem usar essa arquitetura e re-usar os componentes de software, já desenvolvidos para ela, para implementar SADs mais rapidamente.

Para encontrar e configurar componentes de software de uma arquitetura, uma opção é descrever esses componentes, usando uma ontologia, e usar os termos dessa ontologia para encontrar os componentes corretos para uma aplicação (Linhalis et al., 2010). Essas ontologias podem ser criadas utilizando linguagens padrões da Web Semântica, como a Web Ontology Language (OWL), para melhor portabilidade (Pahl, 2007). Ontologias e padrões da Web Semântica serão abordados com mais profundidade no próximo capítulo.

Ontologias, que descrevam componentes de software para serem usados num SAD de um determinado domínio, terão uma grande quantidade de termos derivados desse domínio. Especialistas desse domínio terão familiaridade com esses termos e poderão especificar grande parte do fluxo de trabalho do SAD usando esses termos. Idealmente, essa especificação deve ser detalhada o suficiente para que programadores possam desenvolver a parte computacional do SAD sem necessidade de mais feedback dos especialistas.

Como especialistas de domínio não têm um conhecimento muito detalhado sobre linguagens de especificação de sistemas, é necessário o desenvolvimento de uma Domain Specific Language (DSL) adequada ao nível de conhecimento de computação dos especialistas. Essa linguagem também deve conter termos familiares ao domínio desses especialistas.

2.2. Domain Specific Languages

Em desenvolvimento de software e engenharia de domínio uma linguagem de domínio específico, em inglês *Domain-Specific Language (DSL)*, é um tipo de linguagem de programação ou linguagem de especificação, dedicada a um domínio particular de problema, uma técnica de representação de problema particular e/ou uma técnica de solução particular.

2. Sistemas de Apoio a Decisão

O conceito não é novo, linguagens de programação de propósito específico sempre existiram, mas o termo se tornou padrão devido à ascensão da modelagem de domínio específico.

Um usuário, relacionado com um domínio específico, pode usar uma DSL sem ter experiência em desenvolvimento de software pois a DSL está relacionada com seu domínio de trabalho. O autor Fowler (2010) diz que programadores instruem o computador no que ele deve fazer, pois já entendem a maneira dele trabalhar, mas com DSLs é feito o inverso: o computador começa a entender o que o programador (usuário) escreve.

Com DSLs, usuários que não estejam familiarizados com computação podem ter uma maior facilidade no aprendizado de programação. No caso de uma arquitetura baseada em componentes para SADs, DSLs podem ser criadas para domínios específicos de aplicação. Elas utilizariam termos específicos do domínio e, assim, familiares a especialistas desse domínio.

Utilizando uma DSL como essa, seria possível a especialistas especificar SADs com um grau de detalhamento grande o suficiente para permitir a criação automática desses SADs, sem a necessidade da intervenção de programadores. Os especialistas poderiam se tornar, na prática, programadores de seus próprios SADs.

No projeto SustenAgro, será desenvolvida uma DSL baseada em duas ontologias, uma de avaliação de sustentabilidade e outra de representação de interface gráfica, as quais suportaram as funcionalidades da DSL, como a definição de indicadores e a ligação deles com os controles visuais para flexibilizar a geração dinâmica de interfaces gráficas.

2.3. Considerações Finais

Este capítulo apresentou os conceitos principais de SADs, incluindo arquiteturas de software e DSLs. Ele também apontou para a necessidade da geração automática (ou semi-automática) de interfaces para SADs para que seja possível o desenvolvimento de DSLs que permitam a especialistas criar suas próprias SADs. Um sistema ou componente de software que implemente essa geração automática (ou semi-automática) deverá ser capaz de fazer interface com as DSLs, desenvolvidas para SADs e as ontologias usadas nesses sistemas.

Web Semântica

A web foi criada para possibilitar o acesso, intercâmbio e recuperação de informações de maneira rápida e simples, seu crescimento exponencial e caótico fez com que a mesma se tornasse hoje um gigantesco repositório de documentos, o que dificulta a recuperação de informações. Até o momento, não existe nenhuma estratégia abrangente e satisfatória para a indexação de documentos por meio de “motores de busca” que seja coerente com uma estrutura linguística. (Souza und Alvarenga, 2004a)

Com o intuito de preencher esse gargalo semântico na busca por informações, surge a web semântica. Ela tem como objetivo incorporar significado às informações presentes na web, criando um ambiente onde agentes de software e usuários possam trabalhar de forma cooperativa e entender o significado (sentido) presente nos dados. (Brandão und de Lucena, 2002)

Um exemplo da deficiência da web atual pode ser identificada na busca realizada pelos sistemas de recuperação de informação, que usam palavras-chave nas buscas, onde apenas a similaridade e o número de ocorrências de certas palavras no conteúdo de documentos são levados em consideração e não a semântica presente naquela informação. (Souza und Alvarenga, 2004a).

Segundo a definição feita do W3C¹, a web semântica é um *framework* que permite compartilhar e reutilizar dados através das fronteiras das aplicações, empresas e comunidades. Ela tem duas funcionalidades principais: a) ser um conjunto de formatos para a integração e combinação de dados extraídos de diversas fontes e b) estabelecer uma linguagem para registrar como esses dados se referem a objetos do mundo real.

¹<http://www.w3.org/2001/sw/>

3. Web Semântica

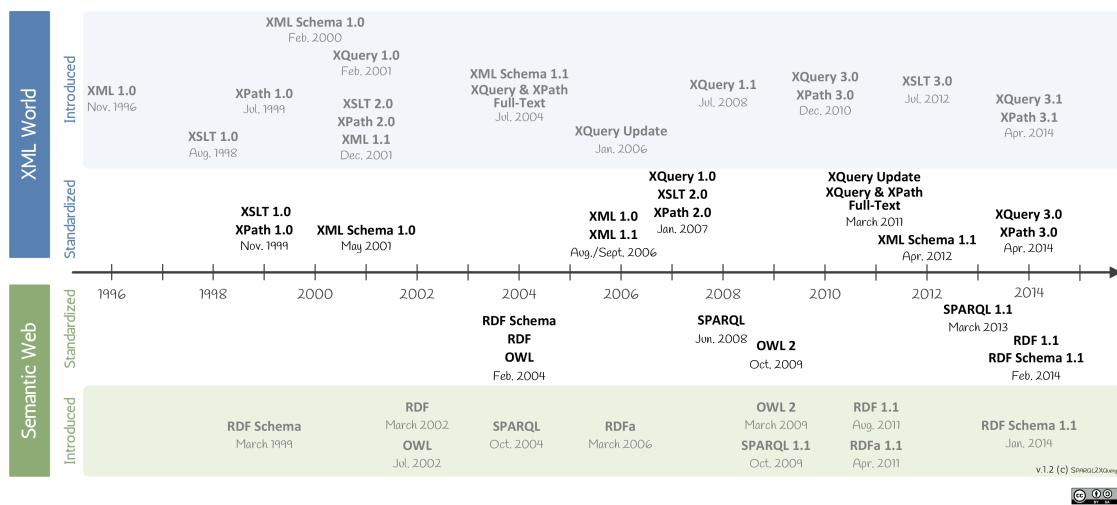


Figura 3.1.: História da Web Semântica

A web semântica é formada por um conjunto de padrões propostos pelo World Wide Web Consortium (W3C). Eles evoluíram de padrões focados na representação de dados para a de conhecimento. Na Figura 3.1 podem ser observados os padrões que constituem a Web Semântica e sua relação com os padrões XML . Eles promovem formatos de dados comuns na WWW e também a inclusão de conteúdo Semântico na web, usando o padrão Resource Description Framework (RDF).

3.1. Resource Description Framework (RDF)

O Resource Description Framework (RDF) é uma família de especificações da W3C, que foi disponibilizada em 1999 como parte do W3C's Semantic Web Effort (Gruber, 1995). Ele foi originalmente projetado como um modelo de meta-dados e também chegou a ser usado como um método de descrições conceituais, principalmente para descrever recursos web.

O RDF é usado em várias áreas de aplicação, como *resource discovery* para melhorar as capacidades dos motores de busca, *cataloging* para descrever o conteúdo e as relações de conteúdo disponibilizados em um sistema web particular, e descrição de *intellectual property rights* de páginas web.

O modelo básico de dados consiste em um padrão de três tipos de objetos:

- Sujeito: representa os recursos e são identificados por meio de URIs, sem importar o tamanho deles, por exemplo, uma pagina web ou um elemento HTML podem ser recursos.

- Predicado: são aspectos, características, atributos ou relações específicas que descrevem o sujeito, cada predicado têm um significado específico e relaciona um sujeito com um objeto.
- Objeto: um recurso específico ou valor da propriedade que representa uma características do objeto ²

Com RDF é possível explicitar relações entre dois objetos (usando-se uma Tripla RDF), mas não muito mais que isso. Para se descrever o que um objeto representa e suas relações com outros objetos, são necessárias ontologias.

3.2. Ontologias

A Figura 3.2 mostra os níveis de representação de dados na forma de conhecimento processável por máquinas.

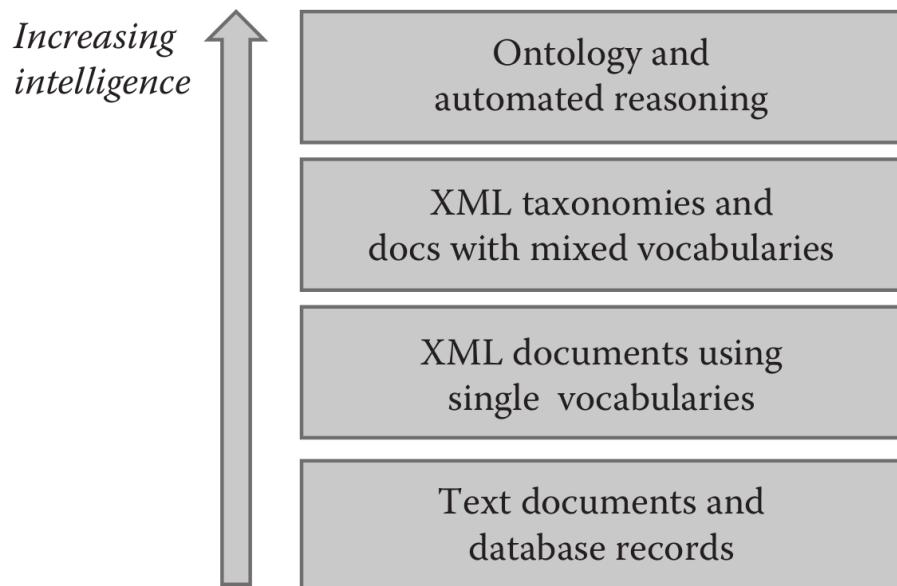


Figura 3.2.: Smart data continuum: níveis de representação de dados na forma de conhecimento processável por máquinas.

O nível mais baixo de representação começa com os dados sem nenhum significado semântico, dependentes do contexto da aplicação. O segundo nível envolve a definição de esquemas XML para conseguir independência dos dados da aplicação, os dados fluem entre aplicações em um único domínio mas não podem ser compartilhados fora do domínio. No terceiro nível, os dados podem ser combinados a partir de diferentes domínios, sendo

²<http://www.w3.org/TR/PR-rdf-syntax/>

3. Web Semântica

suficientemente independentes para serem recuperados e combinados com outras fontes de dados. Finalmente no quarto nível, é possível inferir novos dados a partir dos existentes e compartilhá-los entre aplicações sem requerer interferência humana (Sugumaran und Gulla, 2011), isso é possível graças as ontologias que descrevem esses dados.

Uma ontologia é um sistema de organização e representação do conhecimento, em inglês *Knowledge Organization System (KOS)*, que é uma estrutura conceitual e computacional que permite representar o conhecimento, de qualquer domínio, por meio de entidades, classificações, relações semânticas, regras e axiomas.

Contudo, não existe um consenso sobre uma exata definição para ontologias. Segundo Gruber (1995), uma ontologia é "uma especificação explícita de uma conceitualização que representa o entendimento comum e a terminologia relevante de um domínio". Nesse contexto, Noy et al. (2001) relatam que as ontologias surgiram para compartilhar, organizar e especificar conhecimentos de um determinado domínio.

Uma ontologia é especificada por meio de componentes básicos que são as classes, relações, axiomas e instâncias. As **classes**, o foco da maioria das ontologias, são utilizadas para descrever os conceitos de um domínio, possibilitando a organização das classes em um sistema lógico e hierárquico contendo subclasses que representam conceitos mais específicos (Noy et al., 2001). As **relações** representam o tipo de interação entre os conceitos de um domínio e as propriedades presentes nas classes e indivíduos. Elas podem ter características próprias, como serem transitivas, simétricas, ou terem uma cardinalidade definida. Os **axiomas** são utilizados para modelar regras assumidas como verdadeiras no domínio em questão, de modo que seja possível associar o relacionamento entre os indivíduos, além de fornecer características descritivas e lógicas para os conceitos. Para Uschold und Gruninger (1996) os axiomas são especificados para definir a semântica e significado dos termos (classes e propriedades) e sugerem que a fase de definição dos axiomas (especificação da ontologia) é a mais difícil na construção de ontologias. Por fim, os **indivíduos**, ou instâncias das classes, são utilizados para representar elementos específicos, ou seja, os próprios dados, que, juntamente com a definição de uma ontologia, constituem a base de conhecimento (Noy et al., 2001). Os indivíduos representam objetos do domínio de interesse Horridge und Bechhofer (2011).

Na web semântica, ontologias são representadas na linguagem Web Ontology Language (OWL), a qual será apresentado a continuação.

3.2.1. Web Ontology Language

A Web Ontology Language (OWL) foi recomendada pelo W3C em 2004 para representar e compartilhar ontologias na Web. Essa linguagem foi projetada para aplicações que necessitam processar o conteúdo da informação em vez de apenas apresentar informações em nós (McGuinness et al., 2004). OWL é uma linguagem que permite que semântica seja explicitamente associada ao conteúdo dos dados na web e formalmente especificada através de ontologias, compartilhadas na Internet.

3.2. Ontologias

A OWL 2, de abril de 2008, é a versão mais recente da linguagem 2. De acordo com as especificações do W3C³, a OWL 2 adicionou três novos perfis (sub-linguagens) aos perfis DL e Full já existentes: OWL 2 EL, OWL 2 QL e OWL RL (Figura 3.3). Cada um desses perfis oferece um poder de expressividade diferente para diversos cenários de aplicação:

Full O perfil OWL Full é direcionado para usuários que querem a máxima expressividade e a liberdade sintática do RDF sem nenhuma garantia computacional. É improvável que qualquer software de raciocínio seja capaz de suportar completamente cada recurso da OWL Full (McGuinness et al., 2004).

DL O perfil OWL DL (Description Logic) é para aplicações que necessitam de máxima expressividade, enquanto mantém a computabilidade (todas as conclusões são garantidos para ser computáveis) e decidibilidade (todas as computações terminarão em tempo finito) (McGuinness et al., 2004). OWL DL inclui todas as construções da linguagem OWL, mas elas podem ser usadas somente sob certas restrições.

EL O perfil OWL 2 EL é baseado na família EL++ de lógica descritiva (Description Logic), esse perfil é particularmente útil em aplicações utilizando ontologias que contêm um grande número de propriedades e/ou classes. Além disso, o OWL 2 EL utiliza um padrão comum utilizado em ontologias para conceitos e planejamento, ou seja, a combinação de conjunção e qualidades existenciais.

QL O perfil OWL 2 QL é baseado na família DL-Lite de lógica descritiva. Esse perfil foi criado para permitir o raciocínio (reasoning) eficiente com grandes quantidades de dados estruturados de acordo com esquemas relativamente simples. Ele fornece a maioria dos recursos necessários para capturar modelos conceituais, tais como diagramas de classe UML, diagramas de Entidade de Relacionamento, e esquemas de banco de dados.

RL O perfil OWL 2 RL é voltado para aplicações que exigem raciocínio escalável em troca de alguma restrição de poder expressivo. Ele define um subconjunto sintático de OWL 2 que favorece a implementação utilizando tecnologias baseadas em regras. Esse perfil pode ser utilizado na maioria das construções OWL 2, porém, para permitir implementações baseadas em regras de raciocínio, a forma como essas construções podem ser usadas em axiomas foi restrinida.

³<http://www.w3.org/TR/owl2-overview/>

3. Web Semântica

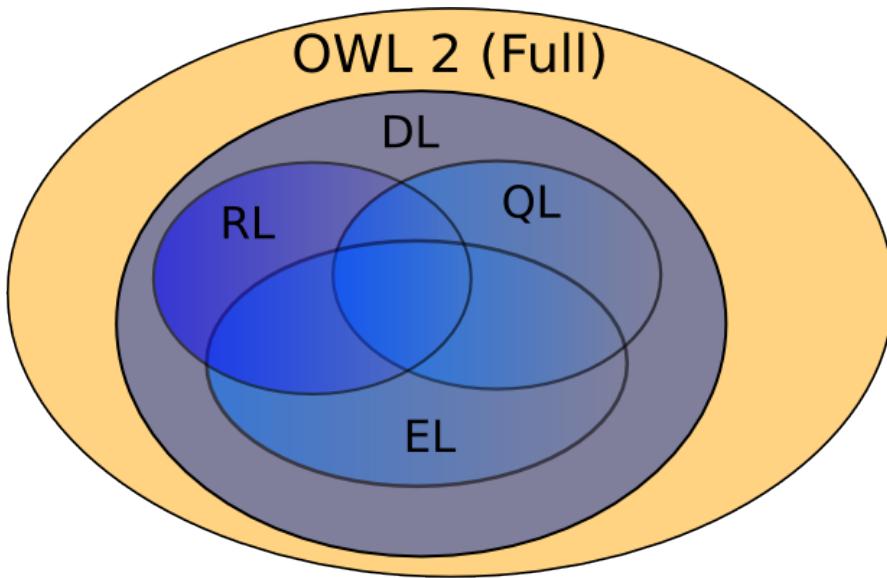


Figura 3.3.: OWL2 Profiles.

Em um Sistema de Apoio a Decisão (SAD), ontologias podem ser usadas para modelar o domínio de aplicação deste sistema. Termos dessas ontologias vão descrever os tipos de dados usados e modos de apresentação dos mesmos (por exemplo, tipos de gráficos de apresentação). A partir dessas descrições, widgets podem ser geradas automaticamente para ler ou mostrar esses dados numa Interface de Usuário (UI).

3.3. Considerações finais

Neste capítulo foram apresentadas as tecnologias ligadas a Web Semântica que serão usadas neste projeto. Em especial, as ontologias terão um papel chave. Através dos conceitos definidos nelas, será possível associar tipos aos dados de entrada e saída de um SAD. Além disso, será possível definir tipos de widgets de interfaces e associar tipos de dados que podem ser lidos ou mostrados por essas widgets numa UI. Com essas informações, é possível a geração automática (ou semi-automática) de interfaces.

Trabalhos Relacionados

Após uma pesquisa bibliográfica não foi possível encontrar sistemas que propusessem a geração automática de interface para Sistemas de Apoio a Decisão (SADs) com ou sem o uso de ontologias. Os artigos encontrados mais próximos ao tema deste trabalho tratam do uso de ontologias ou de frameworks em SADs para a área de sustentabilidade, área que vai ser usada neste trabalho para teste dos sistemas desenvolvidos.

4.1. Frameworks

Uma estratégia para abordar a complexidade em SADs são métodos e metodologias de avaliação, os quais utilizam indicadores, um exemplo desse enfoque é a pesquisa de Olsson et al. (2009). Nela foi desenvolvido um *framework* de indicadores que relaciona, de uma maneira consistente, as dimensões ambiental, econômica e social do desenvolvimento sustentável. Seu principal benefício é uma relativa simplicidade na apresentação da informação e a possibilidade de vincular os indicadores com objetivos políticos de cada dimensão da sustentabilidade e assim facilitar a comparação dos impactos das novas políticas em cada dimensão.

No trabalho de Brilhante et al. (2006) um *framework* (MOeMA-IS) foi desenvolvido para análise de sustentabilidade no estado do Amazonas. Ele faz uso de uma ontologia para descrição de Indicadores de sustentabilidade (ISD-Economics Ontology), onde são usados os indicadores humano (Social), suporte (Econômico) e natural (Ambiental), os quais foram subdivididos em sete sub indicadores. Seu desenvolvimento foi feito de uma maneira genérica de forma que ela suporta a inclusão de novos indicadores de forma simples, essa

4. Trabalhos Relacionados

ontologia foi feita em dois níveis de hierarquia. As medidas de sustentabilidade estão explícitas na ontologia. O *framework* trabalha de forma onde a base dele é a ontologia e ele emprega os indicadores de bases de dados (não foi descrito se são *triples*) e as medidas e valores padrões de outra base. O *framework* calcula as medidas dos indicadores e dá um resultado relevante ao tipo de necessidade. Para o desenvolvimento da ontologia foi utilizada a ferramenta *Protégé* utilizando o plugin de OWL e alguns indicadores foram feitos utilizando a classe do SUMO do OWL.

Outra ferramenta foi desenvolvida por Kraines und Guo (2011) com a visão de criar um *Knowledge Sharing System for Sustainability Science* por meio do processo *Semantic Data Modeling*. Uma ontologia, fundamentada em lógica descritiva, foi desenvolvida por meio do ISO 15926 Data Model para descrever três tipos de conceitualizações de ciência sustentável: *situational knowledge*, *analytic methods* e *scenario frameworks*. Os conhecimentos dos especialistas podem ser descritos por meio de *semantic statements*, utilizando essa ontologia o *semantic matching based on logic* e *rule-based inferences* foram usados para quantificar o *conceptual overlap of semantic statements*.

4.2. Ontologias

Sobre as ontologias sobre interfaces gráficas, no artigo de Ruiz und Hilera (2006) é analisado o uso de ontologias na engenharia de software, identificando 50 tipos de uso entre os quais foram identificados dois usos no suporte de interfaces gráficas.

Paulheim und Probst (2012) propõem a seguinte definição, uma *ontology-enhanced user interface* é uma interface cujas capacidades de visualização, possibilidades de interação, ou processo de desenvolvimento estão habilitados ou, pelo menos, melhorados pelo emprego de uma ou mais ontologias. Na pesquisa foram identificados três propósitos para os quais são usadas as ontologias no melhoramento das interfaces gráficas:

1. Melhorar as capacidades de visualização;
2. Melhorar as possibilidades de interação;
3. Melhorar o processo de desenvolvimento;

Foram apresentados também os usos mais comuns de ontologias que suportam interfaces gráficas (*ontology-enhanced user interface*).

Além disso, na literatura, existem pesquisas relacionadas com o vocabulário *AGROVOC Agricultural Vocabulary*¹ que é um *thesaurus* que fornece termos padronizados sobre alimentação, nutrição, agricultura, pesca, floresta e meio ambiente criados de maneira colaborativa e coordenados pela Food and Agriculture Organization (FAO). Esses termos podem ser reutilizados nas ontologias (Liang et al., 2006), permitindo uma padronização dos identificadores dos conceitos, reutilizando informações e integrando os conceitos com

¹<http://aims.fao.org/agrovoc>

4.3. Considerações finais

outros dados. Essa reutilização foi feita através da vinculação da AGROVOC ao sistema *AOS/CS Agricultural Ontology Service Concept Server*, a FAO desenvolveu um modelo base para esse novo sistema utilizando o *OWL Web Ontology Language*.

Cada uma destas pesquisas fornece um exemplo do uso das tecnologias da web semântica na criação de soluções baseadas em conhecimento. Isso é confirmado por Roussey et al. (2010) por meio da descrição de (i) como as ontologias têm sido usadas para múltiplas tarefas, uma das quais é conseguir interoperabilidade entre sistemas de informação heterogêneos; e de (ii) como as seguintes gerações de sistemas de informação utilizariam uma base do conhecimento do domínio. Dadas as afirmações dessas pesquisas, pode-se deduzir que uma ontologia pode proporcionar o suporte conceitual para cumprir os requisitos de sistema SAD, como o SustenAgro.

4.3. Considerações finais

Não foram encontrados trabalhos na área de desenvolvimento automático de interfaces para SADs. Nem mesmo em áreas específicas de aplicação. Também foi encontrado pouco material sobre ontologias para descrição de interfaces gráficas.

Proposta de Trabalho

Os sistemas de apóio à decisão (SAD) ajudam no entendimento de processos complexos, auxiliam na comparação dos fenômenos envolvidos e suportam a análise e escolha de alternativas no processo de decisão (Heinzle et al., 2010).

O sistema SustenAgro é um SAD e será desenvolvido com o apoio da equipe do projeto SustenAgro (Anexo A) da Embrapa Meio Ambiente, a qual está desenvolvendo uma proposta metodológica para avaliar a sustentabilidade de sistemas de produção de cana-de-açúcar no Centro Sul do Brasil para equacionar as principais questões referentes a esses sistemas produtivos e possibilitar a utilização racional dos recursos naturais para suprir as necessidades presentes e garantir o suprimento das gerações futuras.

A equipe de TI do SustenAgro determinou que o tipo de sistema mais conveniente para o desenvolvimento seria um Sistema de Apoio à Decisão (SAD). Com a finalidade de definir a arquitetura e a interface gráfica desse sistema realizaram-se duas perguntas de pesquisa que orientaram esse projeto:

- Como integrar o conhecimento dos especialistas em um sistema de apoio na tomada de decisões permitindo a continua mudança do modelo do domínio?
- Como gerar interfaces gráficas a partir de definições simples do domínio do conhecimento?

Tendo em conta os requisitos do software, como o suporte a contínua mudança do modelo de dados e a geração dinâmica de interfaces, se propõe a arquitetura a seguir.

5. Proposta de Trabalho

5.1. Arquitetura do Sistema

O sistema SustenAgro será composto por vários componentes. A representação da arquitetura do sistema é apresentada na figura 5.1, a qual contém os seguintes elementos:

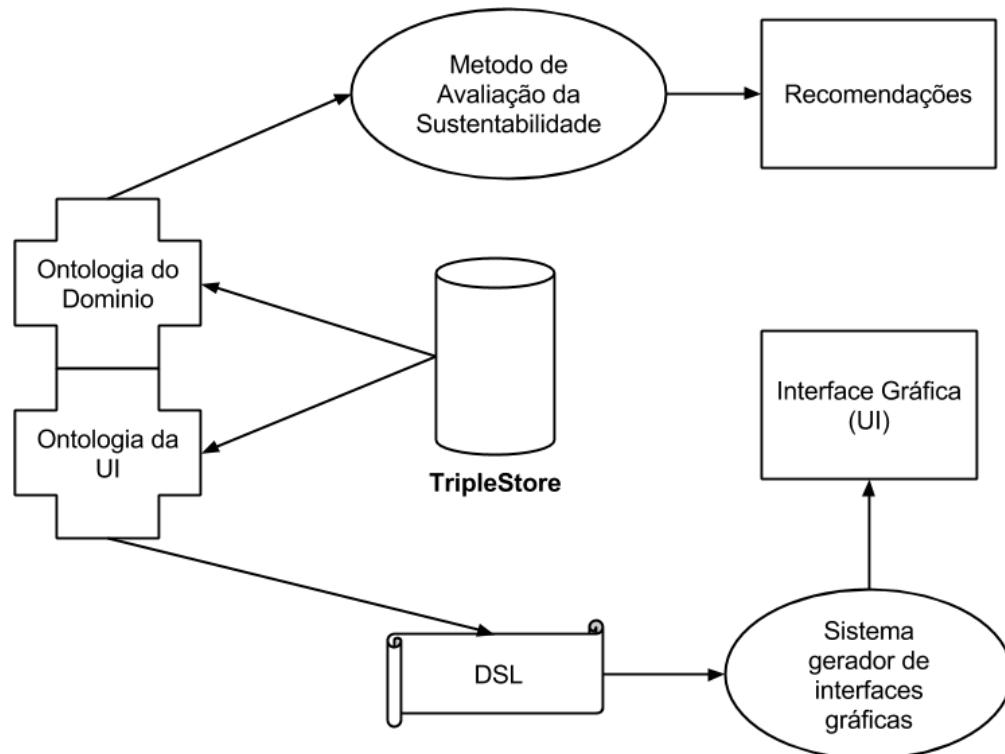


Figura 5.1.: Arquitetura de SustenAgro

1. Ontologia do domínio: Ontologia que vai representar os conceitos do domínio: avaliação da sustentabilidade do sistema produtivo de cana-de-açúcar. Ela é a base fundamental para o sistema SustenAgro porque permite estabelecer os conceitos fundamentais que vão ser utilizados pelo sistema, entre eles: indicadores, componentes de indicadores, índices, dimensões da sustentabilidade, recomendações e o método de avaliação.
2. TripleStore: Sistema de recuperação da informação que permitirá padronizar as informações em formato de triplas, permitindo a compatibilidade e o reúso das informações entre fontes de dados externas.
3. Ontologia de Controles Gráficos: Ontologia que representará os controles de usuários. Ela tem a finalidade de permitir a manipulação desses controles por meio de uma DSL. Ela vai representar cada um dos tipos de controles e suas funcionalidades e fazer um mapeamento deles com os tipos de dados da ontologia de domínio.

5.2. Ontologia do Domínio

4. DSL de Interfaces: Linguagem específica do domínio dos controles web que serão usados pelo SustenAgro. Ela permitirá uma definição flexível das interfaces, baseada nos conceitos definidos na ontologia de domínio e de controles gráficos. Ela permitirá a definição das características visuais e dos tipos de controles especializados para cada conceito da ontologia de domínio.
5. Sistema Gerador de Interfaces Gráficas: Sistema no navegador de internet (*browser*) que cria uma interface a partir da DSL e da ontologia de controles gráficos.

Os componentes da arquitetura do SustenAgro são parte deste trabalho (interface gráfica) e parte de outro trabalho de mestrado. Esses componentes não serão exclusivos do SustenAgro, podendo ser reusados em outros SADs. O SustenAgro e sua equipe testarão os conceitos deste trabalho através de protótipos.

5.2. Ontologia do Domínio

Para definir a ontologia de domínio do SustenAgro, realizou-se uma pesquisa das fontes de dados relacionadas com ontologias do domínio de avaliação de sustentabilidade em sistemas produtivos de cana-de-açúcar. Concluiu-se que não existem ontologias que suportem esse domínio, por isso propõe-se desenvolver uma ontologia que utilize os conceitos de avaliação de sustentabilidade e de sistemas agrícolas. Ela deve fazer uso da pesquisa realizada por Oliveira Cardoso (2013) e de algumas tecnologias fornecidas pela FAO. Essa ontologia terá a finalidade de fornecer uma base conceitual e tecnológica para suportar o processo de avaliação de sustentabilidade no sistema produtivo da cana-de-açúcar no estado de São Paulo.

O desenvolvimento dessa ontologia ocorrerá de forma ágil e modular, por meio de técnicas de prototipação rápida, que serão de âmbito e complexidade crescente, abrangendo grupos de conceitos relacionados entre si.

O desenvolvimento da ontologia depende essencialmente da comunicação entre os especialistas e os modeladores. Foram definidos meios de comunicação e de representação do conhecimento: reuniões presenciais e virtuais, e o modelos conceituais que permitem uma visualização direta do domínio.

Inicialmente, o modelo conceitual vai ser representado por meio de um mapa conceitual que permitirá a comunicação em um formato reconhecido por cada um dos profissionais envolvidos no projeto. Esse modelo será representado em OWL (pelos modeladores) e serão definidas instâncias para cada uma das classes. Depois disso, o especialista do domínio construirá perguntas de interesse, com as quais os modeladores definirão consultas que o sistema deverá responder segundo os resultados esperados, conseguindo validar e ajustar até ter um protótipo confiável.

Uma das principais contribuições da ontologia é que ela será uma representação semântica do conhecimento de domínio tanto para os usuários como para o sistema computacional.

5. Proposta de Trabalho

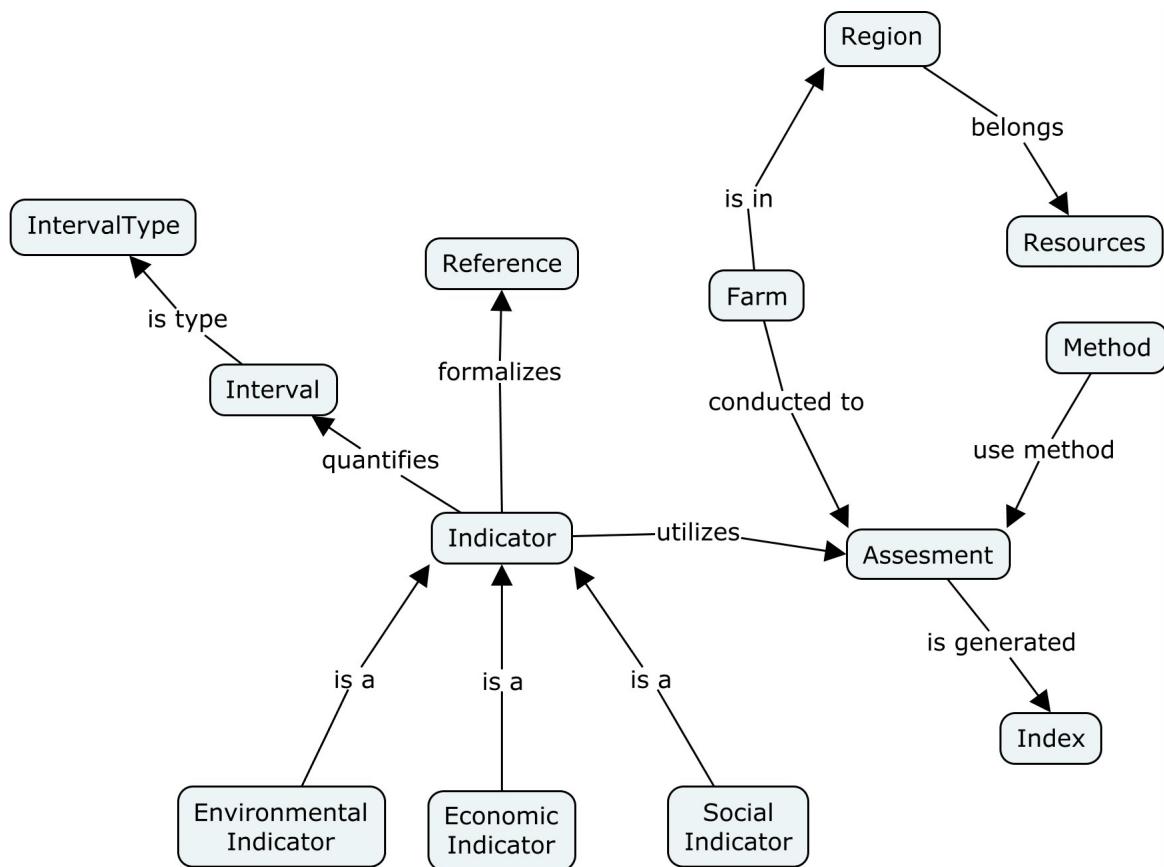


Figura 5.2.: Primeiro esboço do mapa conceitual

Isso evitara problemas de falhas de entendimento entre os especialistas de domínio e os programadores desenvolvendo os SADs. A figura 5.2 é um primeiro esboço dos elementos que serão contidos na ontologia.

Nessa primeira aproximação, foi identificado o conceito fundamental da ontologia, os “indicadores”, que representam e quantificam os aspectos críticos do sistema produtivo de cana-de-açúcar, mediante o uso dos “limiares”, que estabelecem o intervalo dos indicadores, que, por sua vez, são instanciados com os valores “Mais sustentável” ou “Menos sustentável”.

Outro conceito fundamental é a “avaliação”. Ela é composta de um conjunto de “indicadores” e de um “método”, o qual é aplicado sobre uma “fazenda” ou “usina”. A avaliação gera “índices” que são apresentados junto às “recomendações” como resultado do processo de avaliação.

5.3. TripleStore

O sistema SustenAgro será baseado nas tecnologias da web semântica, entre as tecnologias existentes encontra-se a Triplestore que é um banco de dados para o armazenamento e recuperação de triplas (Rusher, 2003). Para o presente projeto foi selecionada a Triplestore Parliament¹ porque fornece as características: suporte nativo a SPARQL e SPARQL/Update e implementa o SPARQL Protocol Endpoint. Esse último, padroniza o armazenamento e recuperação da informação; e a compatibilidade com os sistemas web por meio do Endpoint.

5.4. Ontologia de Controles Gráficos

Será desenvolvida uma ontologia para interfaces gráficas focada na definição e modificação de controles de usuário. Um exemplo do uso dessa ontologia é nos indicadores. Eles armazenam um valor inserido pelo usuário, que pode ser de diversos tipos como numérico contínuo, numérico discreto, percentagem, booleano, lista de termos ou alfanumérico. Dada essa diversidade, é importante representar os diversos tipos diferentes de controles gráficos, que podem ser usados para entrar esses valores, e para quais tipos de indicador cada controle é adequado.

Controles gráficos também são usados para definição de novos indicadores (pelos usuários) e para o mapeamento entre esses novos indicadores aos tipos de dados que podem ser armazenados no sistema.

Essa ontologia vai suportar a DSL de Interfaces fornecendo uma definição formal dos controles gráficos que serão mapeados para cada tipo de indicador.

5.5. DSL de Interfaces

Esta DSL permitirá que a interface gráfica seja definida em uma linguagem de alto nível. Ela será baseada nas duas ontologias base e permitirá definir e administrar os seguintes elementos conceituais:

- Indicadores
- Componentes dos indicadores
- Limiares
- Métodos
- Avaliações

¹<http://parliament.semwebcentral.org/>

5. Proposta de Trabalho

- Índices

Cada um dos elementos da DSL terão controles gráficos predefinidos e será possível parametrizar as características dos controles gráficos. Por exemplo, um controle default para entrada de valores reais pode estar ligado a um indicador contínuo. Caso o usuário não goste desse controle, ele pode modificar essa ligação para outro tipo de controle gráfico (também para valores de entrada reais).

Mudanças puramente de design, serão feitas através da linguagem CSS3.

5.6. Sistema Gerador de Interfaces Gráficas

O sistema gerador de interfaces é uma camada adicional ao processo de definição da interface gráfica. Ele usa a DSL de Interface e as ontologias (de domínio e da UI), Figura 5.3, para gerar a interface Web no padrão HTML. A Figura 5.3 apresentada a arquitetura do sistema como um todo.

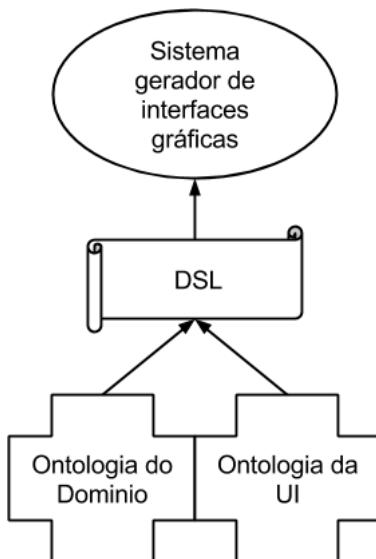


Figura 5.3.: Processo de geração de interfaces gráficas

5.7. Considerações Finais

O desenvolvimento do sistema Sustenagro satisfaz uma necessidade presente na unidade da Embrapa Meio Ambiente: um sistema de avaliação de sustentabilidade em sistemas produtivos de cana-de-açúcar. Ele permitirá adquirir dados do estado atual de sustentabilidade nas fazendas e usinas e assim embasar e formalizar políticas públicas para

5.7. Considerações Finais

promover práticas produtivas mais sustentáveis de acordo com critérios ambientais, sociais e econômicos.

Além de satisfazer uma necessidade institucional, o SustenAgro se consolida como uma proposta de SAD baseado em conhecimento e vinculado às tecnologias da web semântica, um processo que requer um trabalho de pesquisa e de inovação tecnológica. A pesquisa deste trabalho de mestrado, usará o SustenAgro como uma base de testes realista para os conceitos e ferramentas desenvolvidos.

Após o desenvolvimento do Sistema SustenAgro, poder-se-a analisar as características fundamentais desse tipo de SAD e tentar reusar a arquitetura em outros SADs da própria Embrapa.

Resultados

Este capítulo apresenta os resultados das principais tarefas feitas durante o primeiro ano de mestrado do candidato. Dentre eles, estão uma versão da ontologia de domínio do SustenAgro e artefatos para o desenvolvimento da interface visual do sistema: User Stories, Scenarios, Story Boards, Mockups e um protótipo para a interface do SustenAgro.

6.1. Ontologia de Domínio do SustenAgro

O desenvolvimento da Ontologia de Domínio do SustenAgro foi iniciado com a criação de um mapa conceitual entre um grupo de especialistas em modelagem de conhecimento. Na reunião da equipe na Embrapa Informática Agropecuária (UNICAMP - Campinas), foram identificados os principais conceitos em cada uma das dimensões da sustentabilidade: ambiental, social e econômica.

Cada uma das dimensões faz a função de *container*. Neles estão contidos os indicadores que foram validados como os mais relevantes para as condições gerais das fazendas e usinas produtoras de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Os indicadores têm uma relação de *contains* com os atributos e uma relação de *considers* com os componentes dos indicadores.

As três dimensões da sustentabilidade têm uma participação equitativa no método de avaliação (Kraines und Guo, 2011). A Figura 6.1 representa a dimensão ambiental, modelo onde são definidos os seguintes conceitos (*containers*):

6. Resultados

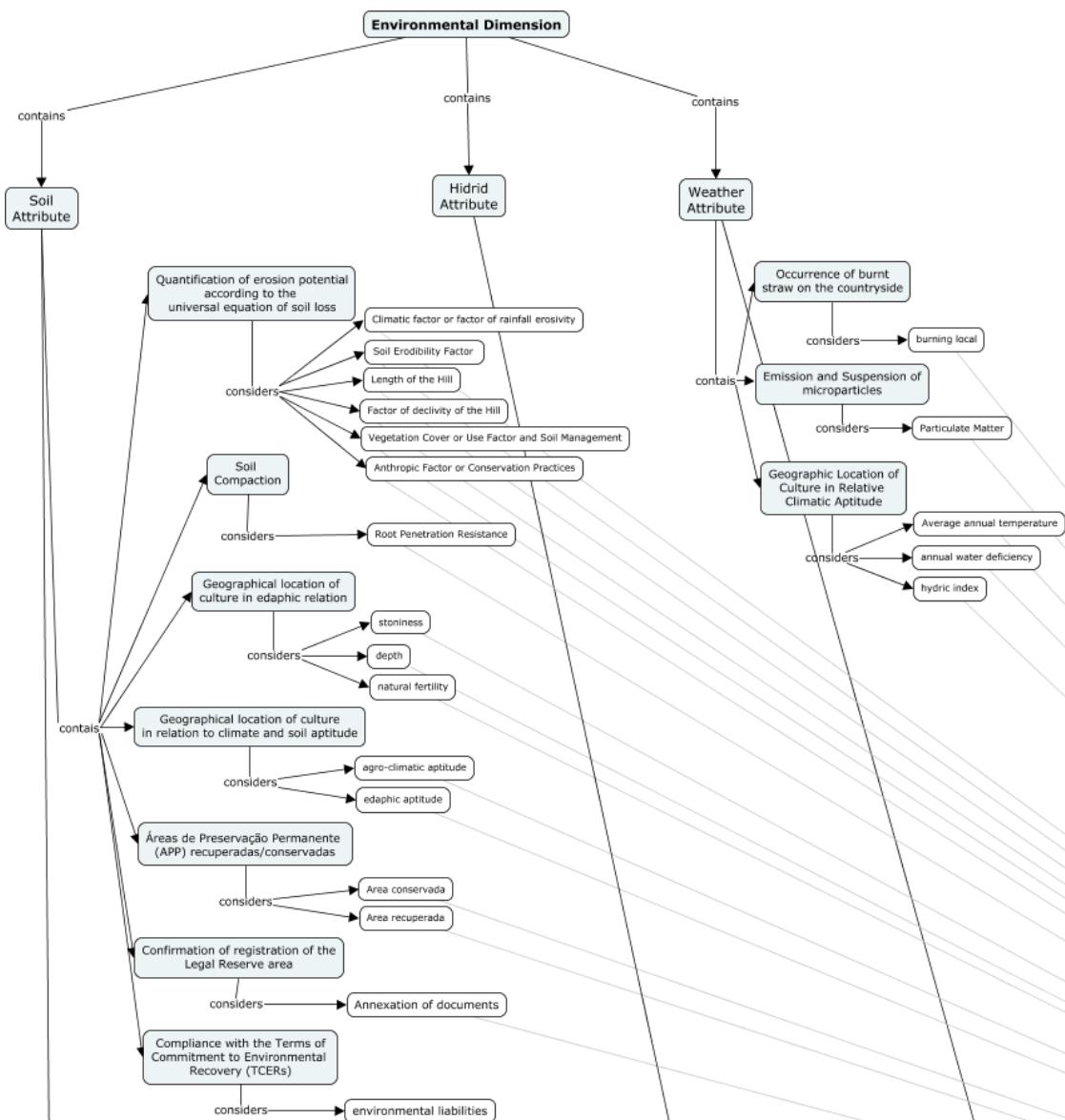


Figura 6.1.: Mapa conceitual - Ambiental

6.1. Ontologia de Domínio do SustenAgro

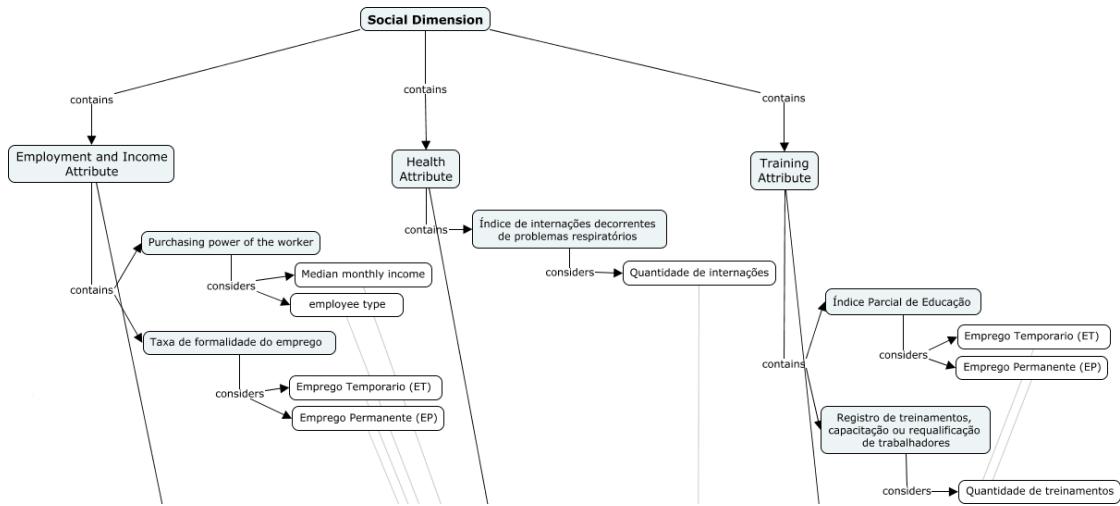


Figura 6.2.: Mapa conceitual - Social

- Atributo solo: indicadores que avaliam os aspectos referentes às características do solo.
- Atributo hídrico: indicadores que avaliam os aspectos referentes à disponibilidade e qualidade das fontes hídricas.
- Atributo clima: indicadores que avaliam os aspectos climáticos.

Nesta dimensão (ambiental), não foi possível identificar indicadores de tipo hídrico porque não existe consenso entre os especialistas consultados sobre quais são os aspectos mais relevantes destes para a avaliação da sustentabilidade, mas é um aspecto fundamental para trabalhar nas próximas etapas de pesquisa.

A Figura 6.2, representa a dimensão social, onde são definidos os seguintes conceitos (*containers*):

- Atributo emprego e renda: indicadores que avaliam os aspectos referentes à mão-de-obra.
- Atributo saúde: indicadores que avaliam os aspectos de segurança dos trabalhadores.
- Atributo treinamento: indicadores que avaliam os aspectos da capacitação dos trabalhadores.

Nesta dimensão (Social), é importante reconhecer que as unidades produtivas, sejam do tipo fazendas ou usinas, são compostas por pessoas tanto internamente como externamente. Por isso, é importante refinar os indicadores para incluir a população externa à unidade produtiva que é afetada pelas práticas produtivas.

6. Resultados

As Figuras 6.3 e 6.4 apresentam a dimensão econômica, onde foram definidos os seguintes conceitos (*containers*):

- Atributo industrial: indicadores que avaliam os aspectos industriais.
- Atributo área recuperada: indicadores que avaliam os aspectos da área produtiva e das técnicas produtivas.
- Atributo produtividade: indicadores que avaliam os aspectos dos produtos e dos processos produtivos.
- Atributo custo: indicadores que avaliam os aspectos dos custos da produção.

Cada uma das três dimensões devem ser avaliadas equitativamente para gerar um resultado coerente com a teoria da sustentabilidade agrícola.

A Figura 6.5 mostra os conceitos que fazem a união das dimensões e do método de avaliação. Cada um dos conceitos relacionados com o método de avaliação utilizam os indicadores para realizar o processo de avaliação. A intenção é representar o mais detalhadamente e claramente possível o processo de avaliação para a sua correta execução.

6.2. User Stories

Histórias de usuário são uma técnica para descrever, de uma forma curta e simples, as características do sistema a partir da perspectiva do usuário ou cliente do sistema, gerando uma definição de alto nível de um requisito. Seu padrão é: Como um “tipo de usuário”, eu quero “algum objetivo” para “alguma finalidade”.

Na aplicação dessa técnica foram obtidos as seguintes histórias:

1. O usuário poderá identificar e cadastrar a localização geográfica e a área da sua lavoura (definir região geográfica do IBGE, latitude e longitude - a partir do Google Maps).
2. O usuário poderá identificar e cadastrar a microrregião a que pertence a sua lavoura. O sistema fará uma sugestão de cadastro a partir dos dados da localização geográfica.
3. O usuário deverá preencher o estado de cada indicador específico nas dimensões ambiental, econômica e social. Esses indicadores vão ser definidos pelo programa. Eles devem se adaptar às condições das regiões e microrregiões do Brasil. Da mesma forma as faixas de limiares de sustentabilidade são definidas.
4. Permitir o emprego da metodologia para avaliação caso a caso: possibilitar que o usuário selecione quais indicadores vai utilizar. Dentro dos indicadores, ele pode recomendar limiares mais adequados para a sua realidade. Ele também pode inserir novos indicadores / limiares.

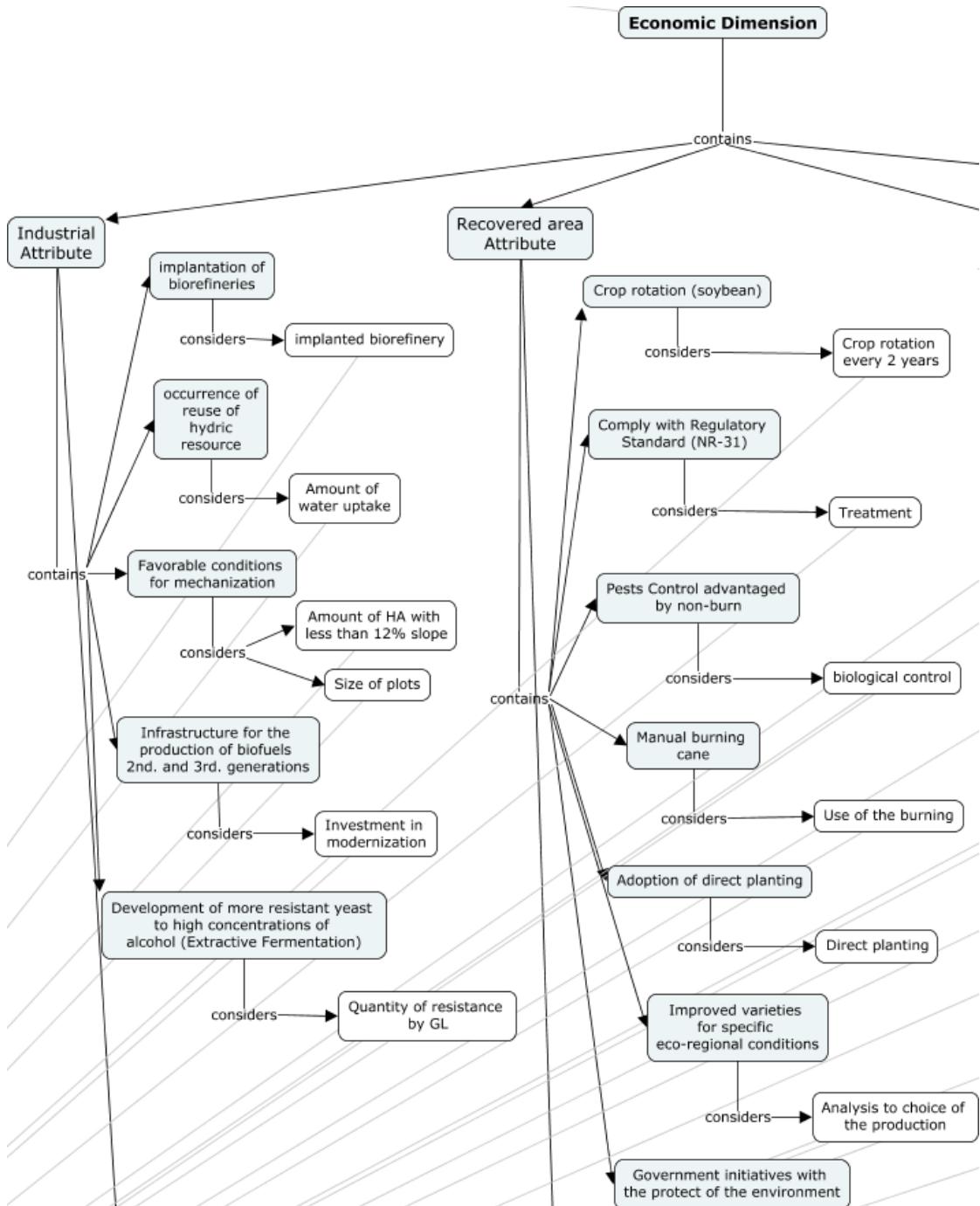


Figura 6.3.: Mapa conceitual - Dimensão Econômica primeira parte.

6. Resultados

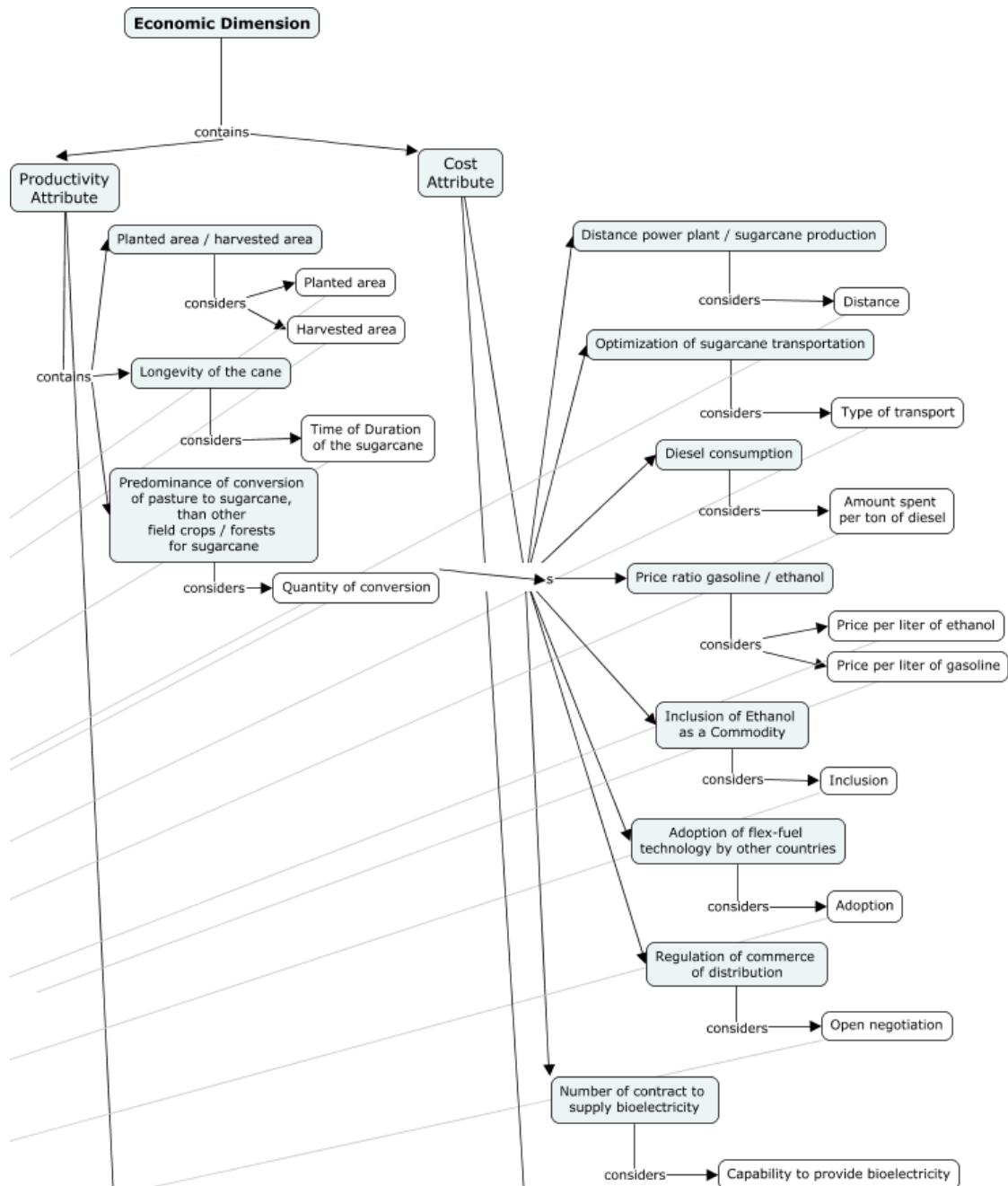


Figura 6.4.: Mapa conceitual - Dimensão Econômica segunda parte.

6.2. User Stories

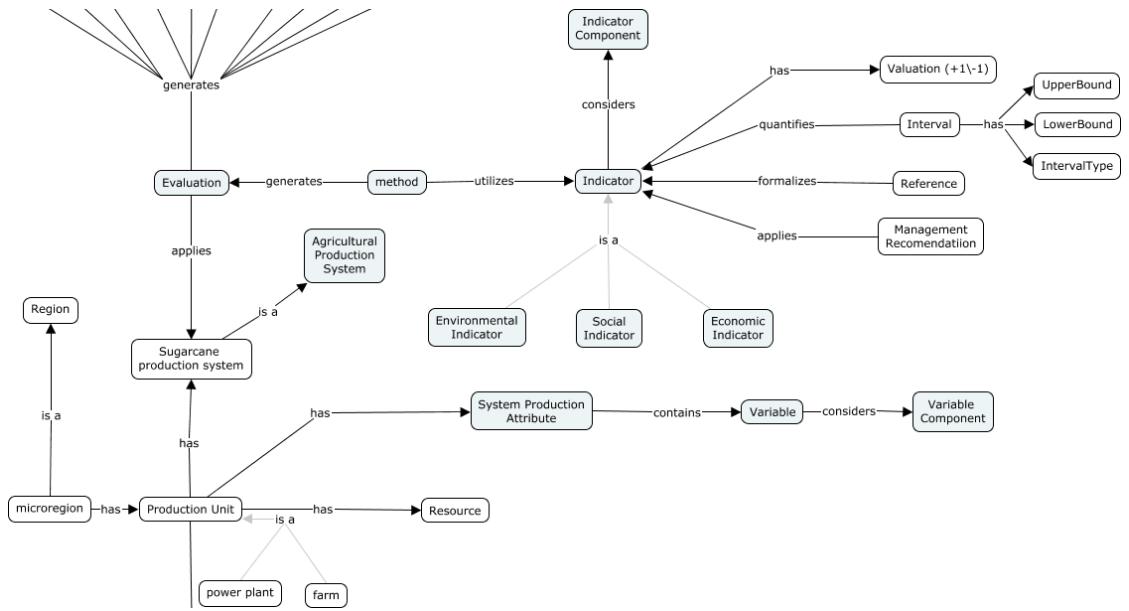


Figura 6.5.: Mapa conceitual - Método

5. O usuário poderá obter o resultado dos índices segundo a informação preenchida e a formula de agregação dos indicadores.
6. O usuário poderá armazenar a informação dos indicadores para futuras consultas.
7. O usuário poderá acrescentar indicadores que considere importantes para sua análise. Devem-se estabelecer regras para essa funcionalidade de tal modo que os novos indicadores (criados pelos usuários) sejam recuperáveis de um modo separado dos indicadores cadastrados no sistema.
8. Cronograma de avaliação, melhor depois de cada safra.

O usuário deverá ser informado da importância dos processos de avaliação, exemplo:

- “A crescente demanda de países desenvolvidos por produtos com garantia de origem tem induzido aumento das certificações nas usinas no Brasil (ALVES et al., 2008).”
- A certificação tem sido uma importante forma de diferenciação de commodities agrícolas, facilitando seu acesso aos mercados protegidos dos países desenvolvidos.
- A caracterização climática aliada aos detalhes de fertilidade e manejo do solo (quantificação edafoclimática) são essenciais para a determinação das regiões aptas ao cultivo de culturas de interesse comercial (CIIAGRO, 2009).

Depois do ingresso da informação sobre os indicadores, o usuário receberá recomendações classificadas sobre práticas de sustentabilidade recomendadas com sua argumentação, exemplo:

6. Resultados

- (Ambiental) “O sistema de plantio direto da cana-de-açúcar sobre leguminosas proporciona maiores teores foliares de N e K na cana do que o plantio convencional (JÚNIOR; COELHO, 2008)”.
- (Ambiental) Segundo Leme (2005), haveria redução de 36% na emissão de gases do efeito estufa (GEE) se a palha fosse queimada nas caldeiras das usinas e destilarias, ao invés de ser queimada no campo.
- (Ambiental) A queima da cana aumenta a erosão do solo e a poluição do ar e reduz a qualidade da matéria-prima (LINS; SAAVEDR, 2007).
- (Ambiental) Quando a cana não é queimada, proliferam, nos canaviais, roedores silvestres originários de fragmentos florestais. Esses roedores podem transmitir o Hantavírus através da urina e contaminar cortadores de cana, causando uma síndrome respiratória e cardíaca, a pneumocitose, podendo levar à morte.
- (Ambiental) Quando não há queima da cana é comum, também, o aumento do ataque de cigarrinhas, com perdas significativas de produção (ANDRADE; DINIZ, 2007).
- (Econômico) A utilização das colheitadeiras reverte-se em aumento da produtividade e da qualidade da matéria-prima, bem como em diminuição dos custos da produção agrícola, que representam entre 50% e 60% em relação ao custo total (SCOPINHO, 1995).
- (Econômico e Social) A utilização das colheitadeiras em cooperativa possibilita a soma das áreas de produtores próximos possibilitando a mecanização em propriedades com restrição para mecanização.
- (Econômico) Restrições físicas da propriedade (menos de 500 ha de área com declividade inferior a 12% e talhões menores que 800 metros) dificultam a mecanização.

6.3. Scenarios

É uma técnica que permite a descrição das funcionalidades do sistema da perspectiva do usuário ou cliente com a descrição detalhada da interação destes. Em geral, é uma descrição detalhada de cada um dos passos dos usuários no sistema para alcançar seu objetivo. Abaixo, serão apresentadas as 8 histórias de usuários do projeto SustenAgro com os cenários associados a elas:

História de usuário #1: “O usuário poderá identificar e cadastrar a localização geográfica e a área da sua lavoura (definir região geográfica do IBGE, latitude e longitude - a partir do Google Maps).”

1. O usuário ingressa na sua conta, através do sistema web SustenAgro em <http://sustenagro.embrapa.br>, e o sistema apresenta a tela “Home”

6.3. Scenarios

2. O usuário seleciona a aba “lavouras” e dá um click em “cadastrar lavoura”. O sistema apresenta a tela de cadastro de lavouras, onde tem um mapa do Google Maps
3. O usuário seleciona no mapa um ponto que identificará a localização da lavoura. Se ele quiser, também é possível marcar a área da lavoura para que o sistema possa ter dados mais específicos para o processo de avaliação de sustentabilidade. Uma vez terminado, o usuário dá um click no botão “seguinte” e o sistema cadastrá a informação preenchida.

História de usuário #2: “O usuário poderá identificar e cadastrar a microrregião a que pertence a sua lavoura por meio de uma sugestão que o sistema faz com os dados da localização geográfica.”

1. O usuário poderá fazer a “História de usuário #1” ou entrar no sistema e continuar com o cadastro da lavoura de onde ele tenha parado. O sistema apresentará uma tela com sugestões de microrregiões.
2. O usuário poderá escolher a microrregião onde esteja localizada a lavoura e salvá-la no sistema por meio do botão “seguinte”.

História de usuário #3: “O usuário deverá preencher o estado de cada indicador específico nas dimensões ambiental, econômica e social. Esses indicadores vão ser definidos pelo programa. Eles devem se adaptar às condições das regiões e microrregiões do Brasil. Da mesma forma as faixas de limiares de sustentabilidade são definidas.”

1. O usuário poderá fazer a “História de usuário #2” ou entrar no sistema e continuar com o cadastro dos indicadores de onde ele tenha parado. O sistema apresentará uma tela com três abas que contém os controles que permitiram fazer o cadastro dos indicadores nas dimensões ambiental, econômica e social.
2. O usuário dá um click na primeira aba e começa a preencher os dados dos indicadores ambientais, principalmente os limiares que identificam o estado do indicador. A interface também permite eliminar ou acrescentar indicadores específicos por parte dos usuários (funcionalidade que é explicada na “história de usuário #4”).
3. O usuário preenche os dados das outras duas dimensões e o sistema salva as mudanças.

História de usuário #4: “Permitir o emprego da metodologia para avaliação caso a caso: possibilitar que o usuário selecione quais indicadores vai utilizar. Dentro dos indicadores, ele pode recomendar limiares mais adequados para a sua realidade. Ele também pode inserir novos indicadores/limiares.”

1. O usuário poderá fazer a “História de usuário #3” ou entrar no sistema e continuar na tela de cadastro de indicadores e, quando aconteça que o usuário precise de um indicador que não seja oferecido pelo sistema, o usuário poderá acrescentá-lo por meio do botão “acrescentar indicador”

6. Resultados

2. O usuário da click no botão “acrescentar indicador” e lhe é apresentada uma interface de entrada, onde ele deverá cadastrar o título, a descrição, os limiares, a medida do manejo e a justificativa desse indicador. Depois, preenche o estado do indicador e o sistema salva esses dados nessa dimensão.
3. O usuário também poderá eliminar alguns indicadores segundo seu critério.

História de usuário #5: "O usuário poderá obter o resultado dos índices segundo a informação preenchida e a formula de agregação dos indicadores."

1. Depois de terminada a “História de usuário #4”, o sistema fará a aplicação da metodologia de avaliação, que vai estar definida no sistema pelos administradores.
2. O resultado da avaliação vai ser cadastrado no sistema com informações sobre a metodologia utilizada.
3. A metodologia de avaliação pode ser atualizada pelos administradores para ser utilizada em avaliações futuras.

História de usuário #6: “O usuário poderá armazenar a informação dos indicadores para futuras consultas.”

1. O usuário faz qualquer tipo de entrada de dados nos formulários do SustenAgro.
2. Esses dados vão ser salvos quando o usuário mudar de formulário ou quando der um click no botão “seguinte”.

História de usuário #7: “O usuário poderá acrescentar indicadores que considere importantes para sua análise. Devem-se estabelecer regras para essa funcionalidade de tal modo que os novos indicadores (criados pelos usuários) sejam recuperáveis de um modo separado dos indicadores cadastrados no sistema.”

1. Quando o usuário estiver preenchendo os indicadores gerados pelo sistema, o sistema fornecerá um conjunto de controles que permitam a inclusão de um novo indicador. Esse novo indicador vai ser definido pelo próprio usuário baseado na sua experiência na área.
2. O sistema armazenará esse novo indicador com uma classificação especial que permita sua identificação para avaliar sua relevância.
3. O usuário poderá preencher os dados do novo indicador, para que sejam inclusos na avaliação de sustentabilidade.

História de usuário #8: “Cronograma de avaliação, melhor depois de cada safra.”

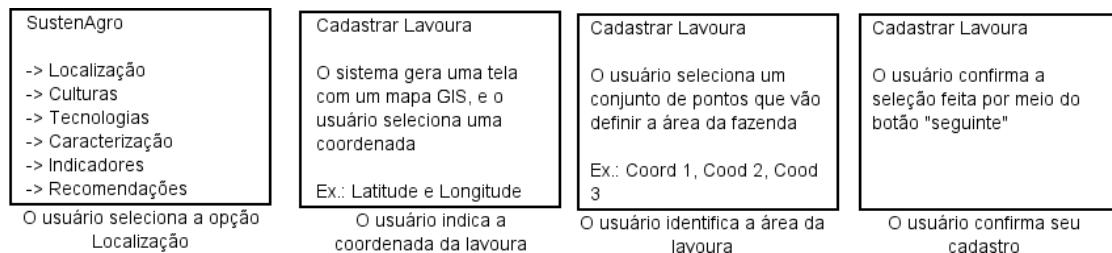
1. Depois de fazer o cadastro da fazenda e das culturas que são plantadas nela, o sistema poderá identificar quando termina cada safra, gerando um alerta para que o usuário faça o processo de avaliação nessa data.
2. O usuário lerá o alerta e poderá fazer o processo de avaliação de sustentabilidade.

6.4. Storyboard

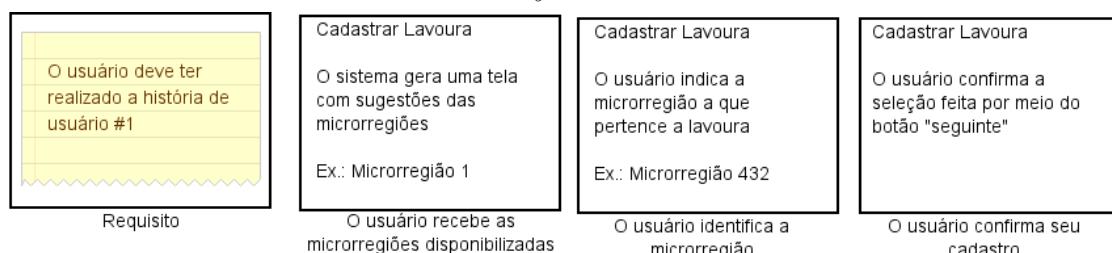
6.4. Storyboard

Storyboards são similares aos cenários. Elas ilustram a interação necessária para se atingir um objetivo sem utilizar uma lista de passos, a interação é visualizada por meio de uma história de quadrinhos.

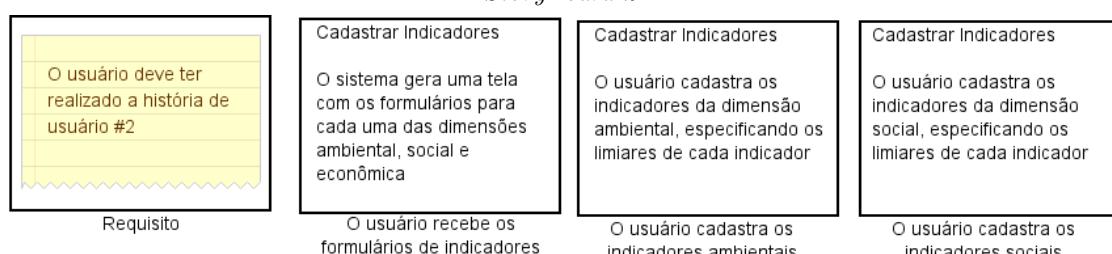
Esta representação permite se ter uma visão holística da interação do usuário, com ênfase nos aspectos funcionais da interação e não nos aspectos da interface de usuário. A seguir, são apresentados os textos das storyboard dos processos identificados:



Storyboard 1.



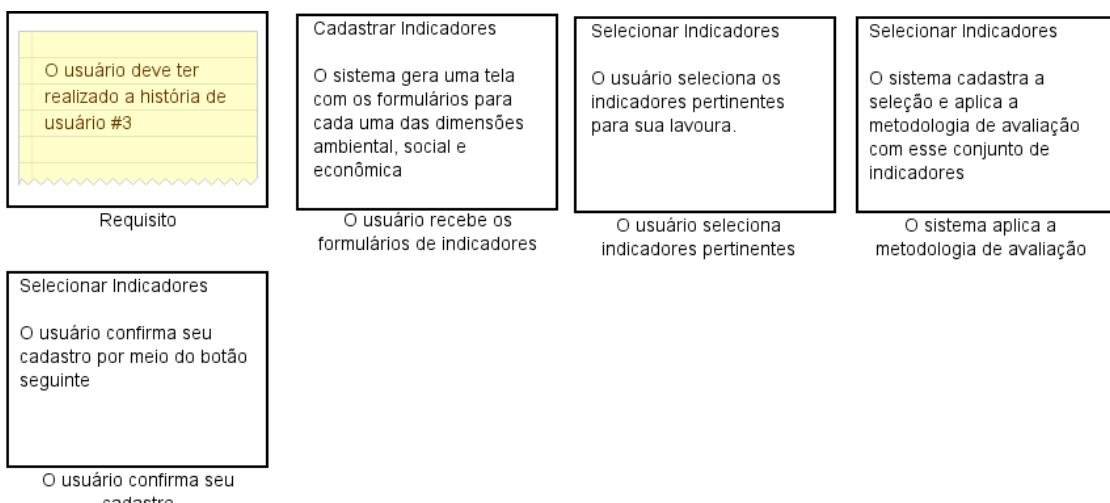
Storyboard 2.



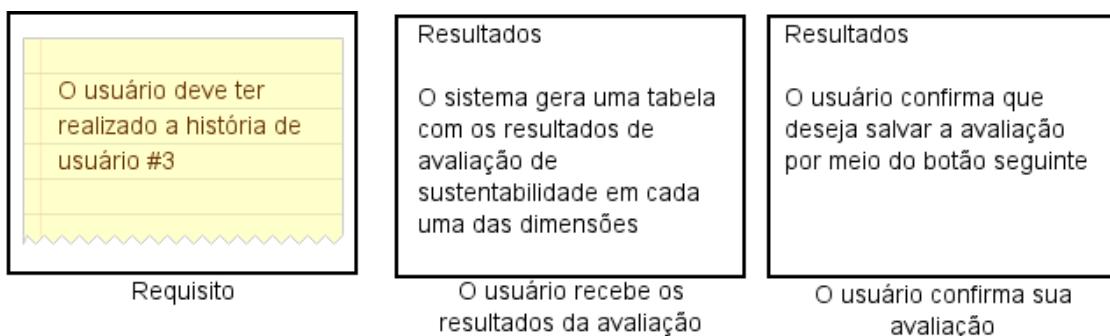
Storyboard 3.

Figura 6.6.: Storyboards números 1–3.

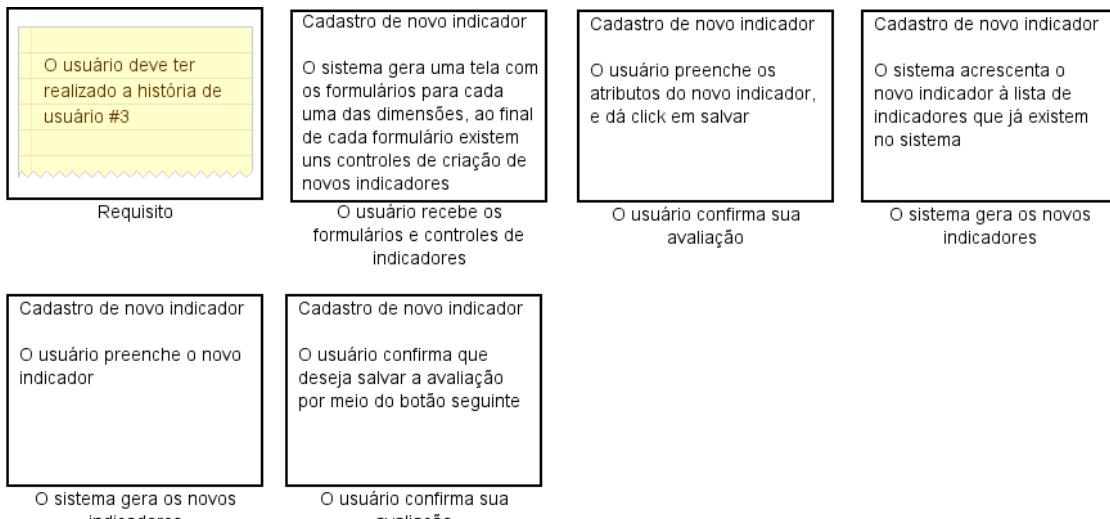
6. Resultados



StoryBoard 4.



StoryBoard 5.



StoryBoard 6.

Figura 6.7.: Storyboards números 4–6.

6.5. Mockups das Interfaces do SustenAgro

6.5. Mockups das Interfaces do SustenAgro

Mockups permitem uma representação visual das interfaces do sistema para ajudar no seu entendimento, fazer demonstrações, avaliações do design, dentre outros propósitos. As Figuras 6.8 e 6.9 mostram algumas telas com desenhos dos Mockups que foram avaliados e validados pela equipe do projeto.

6.6. Protótipo da Interface Gráfica do SustenAgro

O primeiro protótipo da interface gráfica do SustenAgro está publicado nos servidores do laboratório Intermídia do ICMC-USP¹, na Figura 6.10 é apresentada a página inicial do protótipo.

Nessa tela pode-se observar o texto explicativo da ferramenta e as abas de “Início”, “Ferramenta” e “Contato”. O menu da ferramenta permite iniciar o processo de avaliação de sustentabilidade.

Na Figura 6.11, é apresentada a página dos indicadores, onde se descreve o processo de avaliação. Ele começa com uma descrição base do processo, a localização geográfica da unidade produtiva, a caracterização dela, os indicadores e as recomendações que o sistema vai gerar.

6.7. Produções Científicas até o momento

Atualmente, o artigo científico intitulado “SustenAgro Ontology: An Ontology to Support Sustainability Assessment of the Sugar Cane Production System in São Paulo State” está sendo escrito. Ele apresenta a ontologia de domínio do sistema de avaliação de sustentabilidade do SustenAgro, a qual ainda precisa de uma avaliação final por parte dos especialistas, depois disso será submetido a um periódico.

¹<http://biomac.icmc.usp.br:8080/sustenagro/>

6. Resultados

SustenAgro - WebTool

<http://sustenagro.embrapa.br>

 SustenAgro
Sustentabilidade na agricultura

Início | Ferramenta | Contacto | Sign In | Login

O projeto tem por finalidade equacionar as principais questões referentes aos sistemas produtivos agrícolas de modo a possibilitar a utilização racional dos recursos naturais para suprir as necessidades presentes e garantir o suprimento das gerações futuras.

META GERAL
Fornecer informação técnica validada para embasar a formulação de políticas públicas no setor agrícola.

Alcance do projeto...

O projeto prevê o levantamento de dados dos sistemas de produção mais representativos dessas culturas nas regiões e microrregiões do Centro Sul do Brasil.



RESULTADOS ESPERADOS

Serão geradas 4 ferramentas:

- Banco de Dados SustenAgro;
- Modelo conceitual da Sustentabilidade da Agricultura;
- Metodologia de avaliação da sustentabilidade agrícola;
- Sistema de alerta sobre as vulnerabilidades agrícolas (empregando Sistema de Informação Georreferenciada).

Procuré o local da sua lavoura, ex São Carlos



Figura 6.8.: Mockup da tela da Home Page do SustenAgro.

6.7. Produções Científicas até o momento

SustenAgro - WebTool
<http://sustenagro.embrapa.br>

SustenAgro
Sustentabilidade na agricultura

Inicio Ferramenta Contacto Sign In Login

1. Localização: Microrregião 342 2. Cultura: Cana de açúcar 3. Aderência às tecnologias 4. Caracterização dos sistemas produtivos no Centro-Sul 5. Indicadores 6. Recomendações

Ambientais Econômicos Sociais Indicadores

▼ Indicador	▼ Descrição	▼ Valor	▼ Unidades
Indicador 1	...	10	...
Indicador 2	...	-10	...
Indicador 3	...	10	...
Indicador 4	...	10	...
Indicador 7	...	10	...
Indicador 8	...	0	...
Indicador 9	...	0	...
Indicador 10	...	-10	...
Novo Indicador	Nova Descrição	-10	...

Embrapa ICMC USP São Carlos UFSCar DC Departamento de Ciências

Figura 6.9.: Mockup da tela de indicadores do SustenAgro.

6. Resultados

SustenAgro

Início Ferramenta Contato Inicie sessão Cadastre-se

Introdução

O projeto tem por finalidade equacionar as principais questões referentes aos sistemas produtivos agrícolas de modo a possibilitar a utilização racional dos recursos naturais para suprir as necessidades presentes e garantir o suprimento das gerações futuras.

Meta geral

Fornecer informação técnica validada para embasar a formulação de políticas públicas no setor agrícola.

Alcance do projeto

O projeto prevê o levantamento de dados dos sistemas de produção mais representativos dessas culturas nas regiões e microrregiões do Centro Sul do Brasil.

Resultados Esperados

Serão geradas 4 ferramentas:

- Banco de Dados SustenAgro
- Modelo conceitual da Sustentabilidade da Agricultura
- Metodologia de avaliação da sustentabilidade agrícola
- Sistema de alerta sobre as vulnerabilidades agrícolas, (empregando Sistema de Informação Georreferenciada)

Embrapa

ICMC USP SÃO CARLOS

UFSCar

Figura 6.10.: Protótipo do SustenAgro – Home Page.

6.7. Produções Científicas até o momento

The screenshot shows the SustenAgro prototype interface. At the top, there is a navigation bar with links for 'Início', 'Ferramenta' (selected), 'Contato', 'Inicie sessão', and 'Cadastre-se'. Below the navigation, a breadcrumb menu shows 'Descrição', '1. Localização', '2. Caracterização', '3. Indicadores' (selected), and '4. Recomendações'. A prominent blue header bar contains the text 'Indicadores! Por favor preencher as três dimensões dos indicadores, ambiental, econômica e social.' Below this, there are three tabs: 'Ambientais' (selected), 'Económicos', and 'Sociais'. A table row is displayed with the following data:

#	1
Nome	Quantidade de vinhaça/área aplicada com relação ao Potássio (K) e Nitrogênio (N)
Descrição	A concentração máxima de potássio no solo não poderá exceder 5% da Capacidade de Troca Catiónica – CTC. Quando esse limite for atingido, a aplicação de vinhaça ficará restrita à reposição desse nutriente em função da extração média pela cultura, que é de 185 kg de K 2 O por hectare por corte (PIRES; FERREIRA, 2008). Quanto aos nutrientes extraídos (requeridos) pela cultura da cana-de-açúcar, o nitrogênio é o mais importante. No plantio da cana é necessário aplicar 30 kg/ha de nitrogênio; já na adubação da cana-soca, a quantidade recomendada para a cultura é de 60 kg/ha (SOUZA; LOBATO, 2004).
Valor	<input type="text"/>
Unidades	vinhaça/área

Below the table, a navigation bar shows page numbers: <<, 1, 2, 3, 4, 5, >>. A link 'Cadastrar novo indicador' is also present. On the right side of the page, there are logos for Embrapa, ICMC USP São Carlos, and UFSCar DC.

Figura 6.11.: Protótipo do SustenAgro - Indicadores.

CAPÍTULO
7

Plano de Trabalho

Neste capítulo será descrito o plano de trabalho que está guiando o desenvolvimento do presente projeto.

7.1. Metodologia

Nesta seção será descrita a metodologia de desenvolvimento deste projeto. Ela é dividida em dois métodos de desenvolvimento principais: para as ontologias e para o sistema web que suportará o processo de avaliação de sustentabilidade de sistemas agrícolas.

7.1.1. Ontologias

O conhecimento do domínio envolvido no sistema Sustenagro está em contínua construção. Por isso, é necessário um enfoque que permita realizar mudanças na estrutura e no conteúdo usados no sistema durante seu desenvolvimento. As ontologias permitem representar o conhecimento de um domínio por meio de formatos, como a linguagem OWL, permitindo separar o conhecimento das outras partes do sistema.

Os modelos OWL permitem a compilação do conhecimento em sistemas de armazenamento e recuperação de informação, chamados triplestors, que são bancos de dados e que adicionam significado semântico aos seus dados.

Neste projeto serão desenvolvidas as seguintes ontologias:

7. Plano de Trabalho



Figura 7.1.: Metodologia de definição das ontologias

- Ontologia de avaliação de sustentabilidade do sistema produtivo da cana-de-açúcar: essa ontologia vai representar o conhecimento sobre sustentabilidade na cultura de cana-de-açúcar e o conhecimento sobre as metodologias de avaliação de sustentabilidade, fornecendo um modelo de dados ao sistema SustenAgro.
- Ontologia de controles de gráficos: a finalidade dessa ontologia é dar suporte a composição de controles gráficos relacionados com os indicadores. Esse é um requisito funcional do software, uma vez que os indicadores podem ter diversos tipos de unidades e para cada tipo existe um tipo de controle gráfico mais apropriado para sua representação. Por exemplo, para representar um indicador de sustentabilidade do tipo numérico é recomendável usar um controle visual tipo spinner.

Na Figura 7.1 é apresentada a proposta metodológica que guiará o desenvolvimento das ontologias. Ela tem natureza cíclica, gerando, em cada ciclo, um protótipo funcional.

7.1.2. Sistema SustenAgro Web

Os componentes da arquitetura do sistema web do SustenAgro são parte deste trabalho (interface gráfica) e parte de um outro trabalho de mestrado. A ideia é construir componentes que possam ser reusados em outros SADs que trabalhem em domínios similares ao SustenAgro. A equipe do SustenAgro testará os conceitos deste trabalho através da avaliação de protótipos.

O desenvolvimento do SustenAgro será feito usando-se uma DSL baseada na linguagem Groovy (Koenig et al., 2007). Ou seja, essa DSL será uma extensão da linguagem Groovy. Groovy é uma linguagem que tem suporte ao desenvolvimento de DSLs. Isso inclui suporte a DSL Descriptors, arquivos Groovy que descrevem extensões *domain-specific* para o motor de inferência e assistente de conteúdo do plugin Groovy-Eclipse. Isso permite que a DSL criada tenha todo o mesmo suporte que o IDE Eclipse dá a linguagens como Java ou Groovy, como code completion, debugging, etc. Uma outra vantagem de Groovy é a disponibilidade do Grails Framework para a criação de aplicações Web (Judd et al., 2008). O desenvolvimento dessa DSL será feito em outro trabalho de mestrado. Mas este trabalho irá contribuir com a parte da DSL que tem haver com interfaces, além da ontologia de Controles Gráficos.

O uso da DSL por especialistas em sustentabilidade deve diminuir o esforço necessário para se desenvolver um SAD nesse domínio. Mas mesmo assim, ainda será necessário aplicar alguma metodologia de desenvolvimento de software.

Existem múltiplos métodos e metodologias que permitem um desenvolvimento ágil de software. Nesse contexto, o termo ágil refere-se ao desenvolvimento em tempos curtos e geração de protótipos facilmente adaptáveis às mudanças. Exemplos de métodos ágeis são: “Mockups”, “User Stories”, “Scenarios”, “Storyboards” e “Use Cases”, exemplos de metodologias ágeis são: “SCRUM” ou “XP eXtreme Programming”.

Uma das etapas mais importantes dos desenvolvimentos ágeis é o levantamento de requisitos. Essa etapa tem como objetivo definir as características do software e pode ser realizada múltiplas vezes. Isso ocorre pois as metodologias ágeis são cíclicas e os protótipos mudam em cada ciclo para cumprir os requisitos.

O desenvolvimento do sistema SustenAgro será realizado por meio de metodologias ágeis de desenvolvimento de software, principalmente serão utilizadas algumas práticas da metodologia SCRUM (Schwaber und Beedle, 2002). Também será usado o enfoque User-Centered Design. Nesse sentido, está sendo desenvolvido primeiramente um *mockup* da interface gráfica do sistema, o qual será o meio de comunicação com os parceiros do SustenAgro para determinar as funcionalidades básicas do sistema. Quando o *mockup* for validado, será iniciado o desenvolvimento de um protótipo da interface gráfica que permitirá determinar os requisitos funcionais.

Baseando-se na DSL, pode-se suportar um sistema gerador de interfaces gráficas para conceder usabilidade e flexibilidade ao sistema. Essa última característica constitui uma

7. Plano de Trabalho

nova proposta de desenvolvimento de SADs que permite a adaptação automática (ou semi-automática) da interface às mudanças dos conceitos do domínio.

Cada vez que sejam desenvolvidos cada componente de SustenAgro se realizarão diversos testes para validar as funcionalidades do sistema, esse processo será realizado com os especialistas para refinar as funcionalidades do sistema de acordo com os requisitos manifestados. Espera-se que, usando a DSL, os próprios especialistas vão ser capazes de fazer parte do desenvolvimento e validação.

7.2. Atividades Previstas e Cronograma

A seguir, são descritas as principais atividades a serem realizadas para o desenvolvimento deste trabalho, visando cumprir os objetivos e tendo como referência a metodologia proposta. A duração de cada uma das atividades está descrita no cronograma de atividades (Tabela 7.1). As seguintes atividades foram previstas para ter início em Fevereiro de 2014 e duração de 24 meses:

- A1** - Obtenção de créditos referente as disciplinas do programa de mestrado.
- A2** - Exame de proficiência na língua portuguesa.
- A3** - Levantamento bibliográfico sobre a área de pesquisa.
- A4** - Estudo sobre web semântica.
- A5** - Estudo sobre ontologias.
- A6** - Desenvolvimento da ontologia do SustenAgro.
- A7** - Exame de proficiência na língua inglesa.
- A8** - Desenvolvimento da ontologia de Controles Gráficos (com apenas os controles usados no SustenAgro).
- A9** - Qualificação: redação da monografia de qualificação, incluindo detalhamento do projeto.
- A10** - Exame de Qualificação (apresentação da proposta à Comissão Examinadora).
- A11** - Implementação do primeiro protótipo da DSL e SustenAgro.
- A12** - Testes preliminares, refinamento e reimplementação do sistema.
- A13** - Testes e validação: estudos de caso e refinamentos.
- A14** - Redação da dissertação.
- A15** - Redação e submissão de artigos com os resultados obtidos.
- A16** - Defesa.

7.2. Atividades Previstas e Cronograma

A tabela (7.1) apresenta o cronograma de execução das atividades.

Ativ.	2014				2015			
	1 Tri	2 Tri	3 Tri	4 Tri	1 Tri	2 Tri	3 Tri	4 Tri
A1	•	•••	•••	•••				
A2		•						
A3			•••	•••	•••			
A4			•••	••				
A5			..	•••				
A6			•	•••				
A7					•			
A8					•••			
A9				•••	••			
A10					..			
A11					•	•••	•	
A12						•	•••	
A13							•••	•
A14					•••	•••	•••	
A15					•••			•••
A16								•

Tabela 7.1.: Cronograma do projeto.

7.2.1. Atividades Concluídas até o Momento

Quanto a metodologia proposta para desenvolvimento do sistema, os passos 1 ao 9 já foram concluídos, necessitando apenas alguns ajustes e integração das novas funcionalidades que serão implementadas no passo 10. No cronograma, todas as atividades de A1 a A6 foram concluídas. Além disso, a redação e submissão de artigos com os resultados obtidos, estão sendo realizadas.

7.2.2. Resultados esperados

- A ontologia de domínio do SustenAgro, que será a base conceitual e tecnológica de todo o sistema e integrará o conhecimento sobre sustentabilidade e o sistema produtivo de cana-de-açúcar.
- DSL do SustenAgro, que flexibilizará a definição dos indicadores e interface de usuário por parte dos criadores do sistema.
- Ontologia e DSL dos Componentes Gráficos, que poderá ser usada em outros SADs.
- SAD do SustenAgro.

7. Plano de Trabalho

7.3. Dificuldades e Limitações

Até o presente momento, foi evidenciado como dificuldade para desenvolvimento do projeto as escassas fontes de informação que forneçam uma conexão entre sistemas de produção agrícola e sustentabilidade. Só foi possível encontrar fontes de informação especializada em cada área do conhecimento de maneira separada. Outro problema é a falta de dados resultantes da aplicação dos indicadores de sustentabilidade fornecidos pela Embrapa.

Referências

- Allemang, D. und J. Hendler (2011): *Semantic Web for the Working Ontologist: Effective Modeling in RDFS and OWL*. Elsevier Science.
- Bossel, Hartmut (1999): *Indicators for sustainable development: theory, method, applications*. International Institute for Sustainable Development Winnipeg.
- Brandão, Anarosa Alves Franco und Carlos José Pereira de Lucena (2002): Uma Introdução à engenharia de ontologias no contexto da web semântica.
- Brilhante, V; A Ferreira; J Marinho und JS Pereira (2006): Information integration through ontology and metadata for sustainability analysis. In: *Proc. of the 3rd biennial meeting of the International Environmental Modelling and Software Society*.
- Brundtland, G et al. (1987): Our common future: Report of the 1987 World Commission on Environment and Development. *United Nations, Oslo*, S. 1–59.
- Burton, Ian (1987): Report on Reports: Our Common Future. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 29(5):25–29.
- Camino und Müller (1993): *Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales: bases para establecer indicadores*. Nr. 38. IICA Biblioteca Venezuela.
- Deusdará Filho, Raimundo und Newton Jordão Zerbini (2001): Critérios e indicadores para a sustentabilidade da floresta amazônica: o processo de Tarapoto. *Brasil Florestal*, 71:42–48.

8. Referências

- Ehlers, Eduardo (1996): *Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma*. Livros da terra.
- FERRAZ, J. M. G (2003): As dimensões da sustentabilidade e seus indicadores. *Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas*.
- Fowler, Martin (2010): *Domain-specific languages*. Pearson Education.
- Gallopín, Gilberto C (1996): Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A systems approach. *Environmental modeling & assessment*, 1(3):101–117.
- Gliessman, Stephen R (2001): *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. Ed. da Univ. Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS.
- Gruber, Thomas R (1995): Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing? *International journal of human-computer studies*, 43(5):907–928.
- Heinzle, Roberto; Fernando Alvaro Ostuni Gauthier und Francisco Antonio Pereira Fialho (2010): Semântica nos sistemas de apoio a decisão: o estado da arte. *Revista Da Unifebe Vers\ ao Eletrônica*.
- Horridge, Matthew und Sean Bechhofer (2011): The owl api: A java api for owl ontologies. *Semantic Web*, 2(1):11–21.
- de Jong, Edwin (1997): Software architecture for large control systems: A case study description. In: *Coordination Languages and Models*, Springer, S. 150–156.
- Judd, Christopher M; Joseph Faisal Nusairat und James Shingler (2008): Beginning Groovy and Grails. *New York: Appress*.
- Júnior, Sérgio Antônio Martini Bortolin (2006): Sistemas de Apoio à Decisão. *Urcamp-Brasil.*, 20.
- Koenig, Dierk; Andrew Glover; Paul King; Guillaume Laforge und Jon Skeet (2007): *Groovy in action*, Bd. 91. Manning.
- Kraines, Steven und Weisen Guo (2011): A system for ontology-based sharing of expert knowledge in sustainability science. *Data Science Journal*, 9:107–123.
- Liang, A.; Boris Lauser; Margherita Sini; Johannes Keizer und Stephen Katz (2006): From AGROVOC to the Agricultural Ontology Service / Concept Server: An OWL model for creating ontologies in the agricultural domain. *International Conference on Dublin Core and Metadata Applications*, 0(0).
- Linhialis, Flávia; Renata Pontin de Mattos Fortes und Dilvan de Abreu Moreira (2010): OntoMap: an ontology-based architecture to perform the semantic mapping between an interlingua and software components. *Knowledge and Information Systems*, 22(3):319–345.

- Lu, Jinwei; Clive Roberts; Karl Lang; Alan Stirling und Keith Madelin (2006): The Application of Semantic Web Technologies for Railway Decision Support. In: *Intelligent Decision-making Support Systems*, Springer, S. 321–337.
- McGuinness, Deborah L; Frank Van Harmelen et al. (2004): OWL web ontology language overview. *W3C recommendation*, 10(10):2004.
- Moret, Arthur; Délcio Rodrigues und Lúcia Ortiz (2006): Critérios e indicadores de sustentabilidade para bioenergia. *GT Energia do Fórum Brasileiro de ONGs e Movimentos Sociais para o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Brasília*, S. 1–11.
- Moura, Lino Geraldo Vargas (2002): Indicadores para a avaliação da sustentabilidade em sistemas de produção da agricultura familiar: o caso dos fumicultores de Agudo-RS.
- Noy, Natalya F; Deborah L McGuinness et al. (2001): Ontology development 101: A guide to creating your first ontology.
- Oliveira Cardoso, Bruno (2013): *Avaliação da sustentabilidade de sistemas de produção da cana-de-açúcar no estado de São Paulo: uma proposta metodológica e de modelo conceitual*.
- Olsson, Johanna Alkan; Christian Bockstaller; Lee M. Stapleton; Frank Ewert; Rob Knapen; Olivier Therond; Ghislain Geniaux; Stéphane Bellon; Teresa Pinto Correira; Nadine Turpin und Irina Bezlepkin (2009): A goal oriented indicator framework to support integrated assessment of new policies for agri-environmental systems. *Environmental Science & Policy*, 12(5):562 – 572. Integrated Assessment of Agricultural and Environmental Policies → concepts and tools.
- ONU (2012): The Future We Want. *Technical Report of United Nations Conference on Sustainable Development, Brazil*.
- Pahl, Claus (2007): An ontology for software component matching. *International Journal on Software Tools for Technology Transfer*, 9(2):169–178.
- Paulheim, Heiko und Florian Probst (2012): Ontology-enhanced user interfaces: A survey. *Semantic-Enabled Advancements on the Web: Applications Across Industries: Applications Across Industries*, S. 214.
- Roussey, Catherine; V Soulignac; JC Champomier; V Abt; JP Chanet et al. (2010): Ontologies in Agriculture. In: *AgEng 2010, International Conference on Agricultural Engineering*.
- Ruiz, Francisco und José R Hilera (2006): Using ontologies in software engineering and technology. In: *Ontologies for software engineering and software technology*, Springer, S. 49–102.
- Rusher, Jack (2003): Triple store. In: *Workshop on Semantic Web Storage and Retrieval - Position Paper*.

8. Referências

- Schwaber, Ken und Mike Beedle (2002): gilé Software Development with Scrum.
- Sei, Sei (2006): Views and Beyond Architecture Documentation Template.
- Siche R. S, Ortega. E. Romeiro A, Agostinho F. (2007): Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. *Ambiente & sociedade*, 10(2):137–148.
- Simon, Herbert A (1991): *The architecture of complexity*. Springer.
- Souza, Renato Rocha und Lídia Alvarenga (04 2004a): A Web Semântica e suas contribuições para a ciência da informação. *Ciência da Informação, Brasília*, 33(1):132–141.
- Sugumaran, Vijayan und Jon Atle Gulla (2011): *Applied semantic web technologies*. CRC Press.
- Uschold, Mike und Michael Gruninger (1996): Ontologies: Principles, methods and applications. *The knowledge engineering review*, 11(02):93–136.
- Van Bellen, Hans Michael (2005): *Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa*. FGV Editora.
- Zampieri, Sérgio Luiz et al. (2003): Método para seleção de indicadores de sustentabilidade e avaliação dos sistemas agrícolas do estado de Santa Catarina.

APÊNDICE
A

Projeto SustenAgro

O projeto SustenAgro é liderado pela Embrapa Meio Ambiente, as características dele são descritas nas Figuras A.1 e A.2.

A. Projeto SustenAgro

Com o objetivo de desenvolver e validar uma proposta metodológica para avaliar a sustentabilidade de sistemas de produção da soja e da cana de açúcar no Centro Sul do Brasil foi formulado pela Embrapa e parceiros o Projeto SustenAgro.

Coordenação

Dra. Kátia Regina Evanisto de Jesus
Katia.Jesus@embrapa.br
Embrapa Meio Ambiente
Caixa Postal 69
CEP 13.320-000 Jaguariaíva/SP
www.cptma.embrapa.br

O projeto tem por finalidade equacionar as principais questões referentes aos sistemas produtivos agrícolas de modo a possibilitar a utilização racional dos recursos naturais para suprir as necessidades presentes e garantir o suprimento das gerações futuras.

META GERAL.
Fornecer informação técnica validada para embasar a formulação de políticas públicas no setor agrícola.

RESULTADOS ESPERADOS
Serão geradas 4 ferramentas:

- Banco de Dados SustenAgro;
- Modelo conceitual
- Sustentabilidade da Agricultura;
- Metodologia de avaliação

da

- sustentabilidade agrícola;
- Sistema de alerta sobre as vulnerabilidades agrícolas

as

(empregando Sistema de Informação Georreferenciada).

Instituições participantes:

- Embrapa Meio Ambiente;
- Embrapa Informática;
- Embrapa Soja;
- Embrapa Trigo;
- Embrapa Clima Temperado;
- Embrapa Cerrados;
- Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)
- Universidade Federal de Pelotas;
- Universidade Federal de São Carlos (UFSCar);
- Centro de Tecnologia do BioEtanol (CTBE);
- Centro de Tecnologia Renato Archer (CTI / MCT);
- Agência paulista de tecnologia dos agronegócios Pólo Centro Sul/DDD/APTA – UPD Tietê APTA/SP,
- Instituto de Economia Agrícola (IEA).

Análise da Sustentabilidade de Sistemas de Produção da Cana-de-Açúcar e Soja na Região Centro-Sul do Brasil: Uma proposta metodológica e de modelo conceitual

BRASIL
Instituto de
Agricultura, Pesquisa
e Abastecimento
PAIS RICO E FAZ, SEM PREVARICA

Embrapa

Figura A.1.: Descrição do projeto SustenAgro

O Projeto...	Alcance do projeto...	Objetivo Geral
A equipe pretende desenvolver uma Metodologia, intitulada "Método SustenAgro", para a avaliação da sustentabilidade de dois sistemas de produção com grande expressividade para a agricultura nacional: soja e cana-de-açúcar.	O projeto prevê o levantamento de dados dos sistemas de produção mais representativos dessas culturas nas regiões e microrregiões do Centro Sul do Brasil.	Formular a "Metodologia SustenAgro", a partir do levantamento das informações disponíveis sobre sustentabilidade da soja e cana no Centro-Sul e da validação de todas informações geradas no projeto por meio de consulta aos especialistas a partir das rodadas remotas e presenciais (paineis).
Esta nova proposta metodológica será desenvolvida através da seleção / formulação de indicadores de sustentabilidade.	A Metodologia SustenAgro contará com uma primeira etapa de validação com dados de campo reais, para tanto, o Sistema será aplicado em microrregiões produtoras e dos sistemas de produção mais representativos dessas culturas no Centro Sul do Brasil.	<p>Reorte do Projeto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escala Região e Microrregião • Alcance Centro-Sul • Dimensões: Ambiental, Econômica, Social. • Foco Agrícola
Os indicadores de sustentabilidade serão primeiramente avaliados e ajustados por meio da consulta aos especialistas das áreas correlatas da Sustentabilidade, em rodadas de consulta remota e presenciais.	Ao final desta proposta, a equipe contará com informações suficientemente validadas para a consolidação da Metodologia de Avaliação e as informações organizadas e sistematizadas para a avaliação da sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola.	<p>Apóio Financeiro:</p> <p>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa</p>  <p><i>Marcos registrados pela equipe do Projeto</i></p>

Figura A.2.: Detalles do projeto SustenAgro

Avaliação de Sustentabilidade

Este anexo apresenta os principais conceitos da avaliação da sustentabilidade segundo o levantamento de conceitos e de indicadores que foi realizado com antecedência nas etapas iniciais do projeto Sustenagro (Oliveira Cardoso, 2013).

Não existe um consenso sobre a definição de sustentabilidade, mas uma definição orientadora para o projeto SustenAgro é a seguinte:

“O desenvolvimento sustentável prevê o atendimento das necessidades do presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades, Brundtland Commission” (Burton, 1987; Brundtland et al., 1987)

Este conceito foi ratificado pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio-92 (Ehlers, 1996) a Rio+20 (ONU, 2012), após do relatório Brundtland a ênfase do conceito desloca-se da integridade ambiental para o elemento humano, gerando um equilíbrio entre as dimensões econômica, social e ambiental(Van Bellen, 2005).

Gliessman (2001) teoriza que não há como encontrar a sustentabilidade e, portanto, o seu conceito mais representativo, pois a mesma permanece sempre no futuro, dado o compromisso que os sistemas têm de garantir as necessidades das gerações futuras. Assim, a sustentabilidade é algo relativo ao tempo, ou seja, um sistema pode ser mais ou menos sustentável que outro dependendo do tempo em que for avaliado e do entendimento da sustentabilidade neste contexto.

B. Avaliação de Sustentabilidade

Dada a importância da sustentabilidade, especialmente nos sistemas de produção agrícola, têm sido desenvolvidas várias metodologias para avaliar o estado desses sistemas, existindo várias tendências segundo o sistema produtivo e o contexto deles, no desenvolvimento do sistema SustenAgro será abrangido o caso específico do sistema produtivo de cana-de-açúcar no contexto do centro-sul do Brasil, onde tem sido desenvolvidas pesquisas lideradas pela Embrapa que definiram elementos e metodologias de avaliação da sustentabilidade em agricultura (Oliveira Cardoso, 2013), os quais vão ser apresentados a continuação.

B.1. Critérios de Sustentabilidade

São variáveis transversais quantitativas e qualitativas, as quais são monitoradas regularmente para determinar os efeitos das atividades de intervenção ou não-intervenção do sistema em avaliação (Deusdará Filho und Zerbini, 2001), que estabelecerão os preceitos de orientação para que os indicadores sejam representativos para a sustentabilidade.

Cada indicador deverá atender pelo menos um dos critérios de sustentabilidade para ser considerado um bom indicador de sustentabilidade. Os critérios de sustentabilidade escolhidos são:

- Produtividade: Relacionado a eficiência e custos.
- Estabilidade: Capacidade do ecossistema de absorver perturbações e permanecer inalterado (CEPAL/PNUMA, 1994) (Apud Moura, 2002)
- Equidade: Distribuição dos produtos do agroecossistema entre produtores e consumidores (Dias Junior, 2000) (Apud Moura, 2002)
- Resiliência: Capacidade do ecossistema de retornar ao estado original após de uma perturbação (CEPAL/PNUMA, 1994) (Apud Moura, 2002)
- Autonomia: Grau de integração entre as partes constituintes do agroecossistema e o ambiente externo no fluxo de materiais, energia e informação (Fernández, 1995) (Apud Moura, 2002)Autonomia: Grau de integração do agroecossistema no fluxo de materiais, energia e informação entre as partes constituintes e entre o agroecossistema e o ambiente externo (Fernández, 1995) (Apud Moura, 2002)

Esses critérios guiam o desenvolvimento do elemento mais relevante das metodologias de avaliação de sustentabilidade, os indicadores, os quais permitem diferenciar a relevância deles, e assim determinar instrumentos de medição que representem os aspectos críticos do sistema em termos de sustentabilidade.

The Three Spheres of Sustainability



Figura B.1.: Dimensões da sustentabilidade

B.2. Dimensões da Sustentabilidade

As dimensões da sustentabilidade são classificações que permitem identificar e agrupar conceitos de sustentabilidade, dependendo da teoria de sustentabilidade escolhida, existem diversas propostas de dimensões que podem ser usadas segundo a finalidade da pesquisa, um exemplo desta classificação é a assumida na pesquisa de Oliveira Cardoso (2013) onde são definidas seis dimensões da sustentabilidade: Ambiental, Social, Agrícola/Industrial, Produtos/Subprodutos, Tecnológica e Política.

No caso do sistema SustenAgro se determinou pela equipe de especialistas em sustentabilidade fazer uma divisão segundo a proposta do Relatório Brundtland (Brundtland et al., 1987), onde foram identificadas as três dimensões da sustentabilidade: ambiental, social e econômica, as quais têm a mesma importância gerando um equilíbrio, a Figura B.1¹ representa as três dimensões com a sustentabilidade como a interseção entre elas.

¹Tomada de: http://www.vanderbilt.edu/sustainvu/cms/files/sustainability_spheres.png

B. Avaliação de Sustentabilidade

Essas dimensões serão usadas como contendedores gerais dos conceitos de sustentabilidade em agricultura permitindo agrupar conceitos relacionados.

B.3. Atributos Norteadores

Embora a orientação para a elaboração de todas as variáveis relacionadas a projetos de sustentabilidade devam atender pelo menos a três pilares: ambiental, econômico, social, os atributos norteadores serão formulados para garantir que as diretrizes para o levantamento e validação dos indicadores reflitam os sistemas de produção agrícola.

Após a agregação dos dados será possível visualizar as informações disponíveis e eventuais lacunas para a sistematização dos componentes dos sistemas produtivos em termos dos requisitos de sustentabilidade. Em uma primeira instância, devem ser levantados dados referentes ao solo, clima, água, ar, produção agroindustrial, divisas geradas, mão-de-obra envolvida, empregos gerados, doações/benefícios indiretos à sociedade, biodiversidade, etc.

Uma proposta dos atributos norteadores é a seguinte:

- Dimensão Ambiental: solo, hídrico, clima, entre outros
- Dimensão Social: saúde, capacitação, emprego, renda, entre outros
- Dimensão Econômica: industrial, agrícola, produtividade, custo, entre outros

Os atributos norteadores serão aplicados no sistema SustenAgro como contendedores de indicadores os quais classificaram e relacionam os indicadores em subgrupos das três dimensões da sustentabilidade, permitindo desta maneira a organização e agrupamento do conhecimento do domínio.

B.4. Indicadores de Sustentabilidade

Os indicadores são instrumentos usados para avaliar uma determinada realidade levando em conta variáveis pertinentes para sua composição. Além da avaliação, o uso de indicadores permite medir e monitorar aspectos da realidade. Ele agrupa, quantifica e simplifica informações sobre fenômenos complexos de modo que as tendências ficam mais significativas e aparentes, a fim de melhorar o processo de entendimento e comunicação(Bossel, 1999; Van Bellen, 2005).

De acordo com (Gallopin, 1996) os melhores indicadores são aqueles que simplificam as informações relevantes, tornando os fenômenos mais claros. Como um indicador é utilizado para atingir diversos objetivos, é necessário definir um requisito geral para selecionar indicadores e validar a escolha. A finalidade de um indicador de sustentabilidade

B.4. Indicadores de Sustentabilidade

é refletir as alterações nas propriedades fundamentais de um sistema (Camino und Müller, 1993) e advertir sobre eventuais perturbações potenciais.(FERRAZ, 2003)

Normalmente um indicador é utilizado como um pré-tratamento aos dados originais (Siche R. S, 2007). Indicadores são parâmetros que podem ser utilizados como medida do cumprimento dos critérios (Moret et al., 2006). Deve-se observar que não é possível o desenvolvimento de um indicador global, por isso é necessário buscar no tempo a evolução da sustentabilidade dos sistemas (Camino und Müller, 1993). Não há indicadores universais, pois estes podem variar segundo o problema ou objetivo da análise.

Características desejáveis para um bom indicador: A seleção dos indicadores começa na definição da fonte dos dados base para o levantamento, possibilidade de intercalibração, possibilidade de comparação com critérios legais ou outros padrões/metas existentes, facilidade e rapidez de determinação e interpretação, grau de importância e validação científica, sensibilidade do público-alvo, custo de implementação e possibilidade de ser rapidamente atualizado. Nessa mesma linha, (Zampieri et al., 2003) baseado em vários autores, cita como requisitos para a seleção de indicadores de avaliação de sustentabilidade:

- i. serem mensuráveis quantitativa e qualitativamente, além de terem pertinência ao objeto e à natureza do processo avaliado;
- ii. poder coletar as informações por baixo custo, ser de fácil execução e apresentar dados cientificamente válidos;
- iii. serem concebidos para que o agricultor participe das medições, adaptados às necessidades dos usuários da informação e estarem embasados em linguagem clara;
- iv. serem sensíveis às mudanças do sistema ao detectar a magnitude dos desvios e tendências, oferecendo prognósticos e perspectivas para planejar e tomar decisões;
- v. fornecerem indicação clara a respeito da sustentabilidade do sistema estudado e refletirem os impactos estudados sob o enfoque integrado;
- vi. representarem padrões ecológicos, sociais, econômicos e espaciais, que tenham correspondência e sensibilidade com o nível de agregação do sistema considerado;
- vii. conter um nível de agregação que permita comparações individuais, intertemporais e o cruzamento com outros indicadores;
- viii. fornecerem informações para avaliar os trade-offs entre as dimensões da sustentabilidade e correlações com os processos dos ecossistemas;
- ix. poder ter repetibilidade, de modo que as medições possam ser realizadas por diferentes pessoas e que os resultados sejam comparáveis e
- x. a construção do indicador deve observar parâmetros politicamente corretos.

B. Avaliação de Sustentabilidade

A OECD (1993) estabelece três requisitos para selecionar indicadores: relevância política e utilidade para usuários, solidez analítica e mensurabilidade. Alguns exemplos de indicadores levantados no projeto:

- a. Risco climático;
- b. Diversidade de culturas anuais;
- c. Tipo de solo;
- d. Risco de déficit hídrico;
- e. Produtividade da terra;
- f. Renovabilidade energética nos sistemas de produção;
- g. Balanço de nutrientes (nitrogênio e fósforo);
- h. Área de cultivo/áreas preservadas.

Os indicadores do presente projeto são uma representação dos fatores críticos que existem no sistema de produção de cana-de-açúcar no centro-sul do Brasil em cada dimensão da sustentabilidade, pelo qual a metodologia e o sistema SustenAgro será aplicável nesse contexto, no caso de quer aplicar o sistema de avaliação da sustentabilidade em outro contexto é necessário mudar os indicadores de cada contexto específico.

B.5. Limiares de Sustentabilidade

Os limiares são os pontos mínimo e máximo aceitáveis na amplitude da sustentabilidade para cada indicador.

Considerando que a sustentabilidade permanece sempre no futuro (Gliessman, 2001), dado o compromisso que os sistemas têm de garantir as necessidades das gerações futuras, a sustentabilidade será considerada como algo relativo no espaço e no tempo, ou seja, um sistema pode ser mais ou menos sustentável que outro.

Esta representação será realizada pelos limiares de sustentabilidade que poderão variar de acordo com o sistema de produção considerado e, principalmente, deve variar de modo a representar com propriedade das especificidades regionais e microrregionais.

Dentro de uma escala, devem ser estabelecidos limiares críticos, ou seja, aqueles em que concordamos que determinada situação (característica, produto, serviço) apesar de não ser totalmente sustentável possui níveis de sustentabilidade aceitáveis para que a sustentabilidade seja efetiva (verdadeira), apesar de não ser a ideal. O limiar é um ponto que estabelece um limite, geralmente é o princípio, mas no nosso caso, são os limites que apontam que determinada característica, produto, ou serviço, está dentro do que for considerado sustentabilidade, serão os pontos mínimo e máximo aceitáveis na amplitude da sustentabilidade.

B.6. Índice de Sustentabilidade

Dentro desta escala, estabelecemos limiares críticos, ou seja, aqueles em que concordamos que determinada situação (característica, produto, serviço) apesar de não ser totalmente sustentável (nota máxima), possui níveis de sustentabilidade aceitáveis para que a sustentabilidade seja efetiva (verdadeira), apesar de não ser a ideal. Neste caso, o limiar mínimo de sustentabilidade assumiria um valor variável.

Exemplo de limiar da sustentabilidade que poderão ser empregados pela equipe do projeto:

- Nome do Indicador: Distância Usina / Área de Produção de cana
- Descrição do indicador: usualmente, em tradicionais regiões produtoras de cana utiliza-se de uma distância econômica padrão da produção até a indústria, de 50 quilômetros. Esta distância é determinada pelos altos custos de transporte da cana até a unidade industrial, sendo um dos fatores decisivos na rentabilidade da lavoura (CNA/SENAR, 2007).
- Limiares de sustentabilidade, teria dois estados possíveis
 - Distância de até 50 km: Mais sustentável (+1)
 - Distância de mais de 50 km: Menos sustentável (-1)

Baseando-se nesse conceito sobre limiares é possível desenhar metodologias de avaliação onde sejam usados os valores numéricos de cada limiar para fazer comparações, o que permite definir se determinado sistema produtivo e/ou contexto é mais sustentável do que outro sistema produtivo e/ou contexto.

B.6. Índice de Sustentabilidade

Revela o estado de um sistema ou fenômeno, é uma síntese das características ou variáveis analisadas. Um índice pode ser construído para analisar dados através da junção de um jogo de elementos com relacionamentos estabelecidos. Entende-se o termo índice como um valor numérico que representa a correta interpretação da realidade de um sistema simples ou complexo (natural, econômico ou social), utilizando, em seu cálculo, bases científicas e métodos adequados. O índice pode servir como um instrumento de tomada de decisão e previsão, e é considerado um nível superior da junção de um jogo de indicadores ou variáveis (Siche R. S, 2007)

No projeto SustenAgro os índices serão dados numéricos que representam a soma do estado de cada indicador em cada dimensão e atributo norteador, cada indicador pode o valor de mais um ou menos um (+1 -1), que permitira quantificar a sustentabilidade em cada aspecto do sistema produtivo e fazer comparações com outros sistemas produtivos compatíveis.