
Ontologias e DSL na Geração de Sistemas de Apoio a Decisão, caso SustenAgro

John Freddy Garavito Suárez

Sumário

| | | |
|-----------------------------|---|----|
| Sumário | 3 | |
| Lista de ilustrações | 6 | |
| Lista de tabelas | 7 | |
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 | Motivação | 12 |
| 1.2 | Objetivo | 13 |
| 1.3 | Resultados Principais | 13 |
| 1.4 | Organização | 14 |
| 2 | SAD | 15 |
| 2.1 | Arquitetura para Sistemas de Apoio à Decisão | 16 |
| 2.2 | Trabalhos relacionados | 17 |
| 2.3 | Frameworks | 18 |
| 2.4 | Considerações finais | 19 |
| 3 | CONTEXTO: WEB SEMÂNTICA E DSL | 21 |
| 3.1 | Web Semântica. | 22 |
| 3.2 | Ontologias | 23 |
| 3.3 | Resource Description Framework (RDF) | 25 |
| 3.4 | Web Ontology Language (OWL) | 26 |
| 3.5 | DSL | 27 |
| 3.6 | Considerações finais | 28 |
| 4 | DECISIONER | 29 |
| 4.1 | Arquitetura do Decisioner | 29 |
| 4.2 | Metodologia | 30 |
| 4.2.1 | <i>Ontologia do domínio</i> | 31 |
| 4.2.2 | <i>Ontologia de controles de gráficos</i> | 32 |
| 4.3 | Decisioner DSL | 32 |
| 4.3.1 | <i>Evaluation Object</i> | 32 |
| 4.3.2 | <i>Feature:</i> | 33 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.3.3 | <i>Logica de avaliação:</i> | 34 |
| 4.4 | Ontologias | 35 |
| 4.5 | TripleStore | 36 |
| 4.6 | Sistemas de apóio à decisão | 36 |
| 4.7 | Sistemas de apoio à decisão | 37 |
| 4.8 | Ontologia de Controles Gráficos | 37 |
| 5 | SUSTENAGRO | 39 |
| 5.1 | Arquitetura do SustenAgro | 39 |
| 5.2 | Metodologia | 40 |
| 5.3 | Ontologia SustenAgro: avaliação da sustentabilidade | 42 |
| 5.4 | Ontologia SAD | 46 |
| 5.5 | Ontologia de avaliação de Sustentabilidade | 50 |
| 5.6 | User Stories | 53 |
| 5.7 | Scenarios | 58 |
| 5.8 | Storyboard | 60 |
| 5.9 | Mockups das Interfaces do SustenAgro | 63 |
| 5.10 | Protótipo da Interface Gráfica do SustenAgro | 63 |
| 5.11 | Características do sistema | 64 |
| 5.12 | Considerações Finais | 65 |
| 6 | AVALIAÇÃO | 71 |
| 7 | CONCLUSÕES | 73 |
| 7.1 | Discussão | 74 |
| 7.2 | Trabalhos Futuros | 74 |
| 7.2.1 | <i>Editor de ontologias web focado no usuário especialista</i> | 74 |
| 7.2.2 | <i>Linguagem de definição de SAD: Decisioner</i> | 74 |
| 7.2.3 | <i>Linguagem de edição de VIEWs</i> | 75 |
| 7.2.4 | <i>Organização de widgets por meio de Polymer</i> | 75 |
| 7.2.5 | <i>Georeferenção nos SAD</i> | 75 |
| 7.2.6 | <i>Desenvolver um framework para geração das interfaces usuário-computador geral para SAD.</i> | 77 |
| 7.2.7 | <i>Fornecer um sistema de classificação e busca de controles de interfaces usuário-computador</i> | 77 |
| 7.3 | Dificuldades e Limitações | 77 |
| | REFERÊNCIAS | 79 |
| A | SUSTENTABILIDADE | 83 |
| A.1 | Dados fornecidos pela Unidade de Meio Ambiente da Embrapa | 85 |

| | | |
|-------|--|-----|
| A.2 | Considerações finais | 86 |
| B | MÉTODO SUSTENAGRO DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE | 89 |
| B.1 | Critérios de sustentabilidade | 91 |
| B.2 | Dimensões da Sustentabilidade | 92 |
| B.3 | Atributos Norteadores | 92 |
| C | INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE | 95 |
| C.1 | Índice de Sustentabilidade | 95 |
| C.2 | Limiares de Sustentabilidade | 95 |
| C.3 | Indicadores de Sustentabilidade | 96 |
| D | INSTALAÇÃO | 99 |
| D.1 | Configuração do servidor. | 99 |
| D.1.1 | <i>Instalação do Java:</i> | 99 |
| D.1.2 | <i>Instalação do Apache Tomcat</i> | 99 |
| D.1.3 | <i>Instalação do WkHtmltoPdf</i> | 100 |
| D.2 | Deploy do arquivo war | 101 |

Lista de ilustrações

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Componentes de um SAD Júnior (2006) | 16 |
| Figura 2 – História da Web Semântica | 22 |
| Figura 3 – Arquitetura em camadas da Web Semântica | 23 |
| Figura 4 – Smart data continuum: níveis de representação de dados na forma de conhecimento processável por máquinas. | 25 |
| Figura 5 – OWL2 Profiles. | 27 |
| Figura 6 – Arquitetura do Decisioner | 30 |
| Figura 7 – Estrutura Geral da Ontologia de Domínio | 31 |
| Figura 8 – Arquitetura de SustenAgro | 40 |
| Figura 9 – Metodologia de definição das ontologias | 42 |
| Figura 10 – Modelagem unidade produtiva | 43 |
| Figura 11 – Modelagem de Indicator | 44 |
| Figura 12 – Modelagem de Variável | 45 |
| Figura 13 – Modelagem de Microrregião | 46 |
| Figura 14 – Modelagem abstracto do SAD | 47 |
| Figura 15 – Modelagem de Value | 48 |
| Figura 16 – Primeiro esboço do mapa conceitual | 49 |
| Figura 17 – Mapa conceitual - Ambiental | 52 |
| Figura 18 – Mapa conceitual - Social | 53 |
| Figura 19 – Mapa conceitual - Dimensão Econômica primeira parte. | 54 |
| Figura 20 – Mapa conceitual - Dimensão Econômica segunda parte. | 55 |
| Figura 21 – Mapa conceitual - Método | 56 |
| Figura 22 – Storyboards números 1–3. | 61 |
| Figura 23 – Storyboards números 4–6. | 62 |
| Figura 24 – Mockup da tela da Home Page do SustenAgro. | 63 |
| Figura 25 – Mockup da tela de indicadores do SustenAgro. | 64 |
| Figura 26 – Protótipo do SustenAgro – Home Page. | 65 |
| Figura 27 – Protótipo do SustenAgro - Indicadores. | 66 |
| Figura 28 – Cadastro das variaveis/indicadores | 67 |
| Figura 29 – Formato das planilhas de resultado | 68 |
| Figura 30 – Descrição do projeto SustenAgro | 90 |
| Figura 31 – Descrição do projeto SustenAgro | 91 |
| Figura 32 – Dimensões da sustentabilidade | 93 |

Lista de tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Indicadores de sustentabilidade de SustenAgro na dimensão ambiental . . . | 85 |
| Tabela 2 – Indicadores de sustentabilidade de SustenAgro na dimensão social | 86 |
| Tabela 3 – Indicadores de sustentabilidade de SustenAgro na dimensão econômica . | 87 |

Lista De Abreviaturas e Siglas

APTA Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios

CEPAL Economic Commission for Latin America and the Caribbean

DSL Domain Specific Language

Embrapa Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO Food and Agriculture Organization

FAO Linked Data Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Linked Data

GUI Graphical User Interface

HTML HyperText Markup Language

KOS Knowledge Organization System

KOS Knowledge Organization Systems

OWL Web Ontology Language

OWL Web Ontology Language

OWL Web Ontology Language

PNUMA Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

RDF Resource Description Framework

RDF Resource Description Framework

RDF eXtensible Markup Language

Resource Description Framework RDF

SAD Domain Specific Language

SAD Sistema de apoio à decisão

SAD Sistemas de Apoio a Decisão

SAD Sistemas de Apoio à Decisão

SDI Sustainable Development Indicator

SPARQL SPARQL Protocol and RDF Query Language

URI Uniform Resource Identifier

W3C World Wide Web Consortium

WAR Web Application Archive

XML Extensible Markup Language

XML eXtensible Markup Language

Introdução

Os Sistemas de Apoio à Decisão processam e organizam os dados e informações para gerar resultados de valor que suportam o processo de decisão, estes sistemas tem evoluído junto com a Web [Shim et al. \(2002\)](#), integrando novas técnicas no processamento dos dados, tecnologias na representação visual de resultados e no uso colaborativo por parte dos usuários; os SADs são desenvolvidos para um domínio de conhecimento específico e para usuários especialistas, no caso da pesquisa apresentada neste documento, foi desenvolvido um SAD intitulado SustenAgro baseado na web semântica e cujo domínio de conhecimento foi a Avaliação da Sustentabilidade em Agricultura.

Os sistemas produtivos agrícolas são sistemas complexos que integram fenômenos de natureza diversa ([SIMON, 1991](#)), dentro deles está o sistema produtivo de cana-de-açúcar que é extremamente importante para a economia do Brasil e do estado de São Paulo, devido a que é uma das principais culturas produzidas no país [Torquato \(2015\)](#), pelo qual foi escolhido como sistema produtivo piloto para abordar a presente pesquisa.

Dada a complexidade dos sistemas de produção agrícola, surgiu a necessidade de determinar um método de avaliação da sustentabilidade de maneira integral [Singh et al. \(2012\)](#), por esta razão pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente desenvolveram um método de avaliação de sustentabilidade que aborda a avaliação em termos de indicadores, medindo aspectos críticos no sistema produtivo, para determinar se é ou não é sustentável, e assim gerar recomendações para tomar medidas corretivas.

A partir do método de avaliação, foi desenvolvida uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade intitulada software SustenAgro que implementa o método SustenAgro por meio de um sistema de apoio a decisão e que consegue adaptar-se às mudanças do domínio, o qual está baseado em uma ontologia que permitem representar e estruturar o conhecimento de avaliação da sustentabilidade em agricultura, gerando uma representação mais exata da realidade do que outros modelos de dados, em formato de ontologias da web semântica, sobre o qual é possível fazer inferências e assim gerar informações para suportar

a decisão.

Também foi desenvolvida a ontologia de representação das interfaces gráficas, permitindo um mapeamento entre conceitos do domínio dos especialistas e as interfaces gráficas, concedendo flexibilidade ao sistema para adaptar-se às mudanças dos conceitos do domínio de conhecimento.

As ontologias forneceram uma representação de conhecimento, que foi gerenciada desde uma , desenhada para gerar sistemas de apoio a decisão, dita linguagem e o interprete dela foram intitulados Decisioner, os quais constituem uma ferramenta geradora de sistemas de avaliação.

O desenvolvimento do projeto foi apoiado pela Embrapa Meio Ambiente, instituição parceira que planejou e executou o projeto SustenAgro, cuja finalidade é fornecer os fundamentos teóricos para suportar avaliações que possibilitem o embasamento de políticas públicas que incentivem a sustentabilidade no setor produtivo da cultura de cana-de-açúcar no centro-sul do Brasil.

1.1 Motivação

O conhecimento sobre avaliação da sustentabilidade da cultura de cana-de-açúcar está em continua mudança (CARDOSO, 2013), porém foi necessária uma representação desse conhecimento que adapte-se às mudanças e que facilite a comunicação entre os especialistas do domínio e os desenvolvedores de software, neste sentido as ontologias da web semântica satisfazem este requisito porque separam o conhecimento do domínio da lógica da computação, permitindo abordar cada desenvolvimento de uma maneira independente e suportando conceitos importantes como a inferência, que são de grande importância no desenvolvimento como os .

Uma característica importante de SustenAgro é a recuperação da informação com significado semântico, permitindo que o sistema dê respostas às consultas complexas de interesse para os especialistas, além da integração com conhecimento externo existente em formatos da web semântica, como são os padrões, e vários sistemas de representação do conhecimento como dicionários, thesaurus e redes semânticas, o que permite aumentar as possibilidades de integração com diversas tecnologias e fornecer novas funcionalidades.

O processo de modelagem da ontologia requiriu uma aprendizagem específica guiada por especialistas e depois foi necessária a implementação de uma a qual permite aos administradores da ferramenta definir como são usados e apresentados os conceitos da ontologia por meio de elementos da interface gráfica do usuário, para assim fornecer um sistema adaptável às mudanças do domínio, em termos de interface gráfica durante runtime.

A DSL e o interprete conformam uma ferramenta intitulada Decisioner, que por meio de umas declarações permite a geração de , dita ferramenta foi a principal contribuição desta pesquisa.

1.2 Objetivo

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.

Para atingir o objetivo proposto, foi necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

Objetivos específicos

- Desenvolver uma ontologia sobre avaliação da sustentabilidade nos sistemas produtivos de cana-de-açúcar do centro sul do Brasil, como base conceitual e tecnológica do sistema SustenAgro.
- Desenvolver uma ontologia sobre controles visuais de interfaces gráficas para suportar a definição dos indicadores do sistema SustenAgro.
- Desenvolver uma DSL que gerencie as ontologias e que flexibilize a definição da interface de usuário por parte dos administradores do sistema.
- Demonstrar que um sistema de apoio na tomada de decisões 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.

1.3 Resultados Principais

Os principais resultados desta pesquisa e projeto de mestrado são:

- Ontologia sobre avaliação de sustentabilidade em cana-de-açúcar, representando os principais conceitos desse domínio: indicadores, os índices e o método de avaliação; permitindo assim suportar o desenvolvimento das outras tecnologias do presente projeto.
- Ontologia sobre interfaces gráficas que permite representar os tipos de dados e widgets necessários para a geração dos Sistemas de Apoio na Decisão.
- DSL: linguagem de domínio específico que permite gerenciar ontologias para definir sistemas de apoio à decisão.

- Decisioner: Sistema gerador de SADs, que suporta a integração de ontologias, DSL e tecnologias da web semântica.
- SustenAgro: Sistema de Apoio a Decisão para avaliar a sustentabilidade em cana-de-açúcar, implementado o método SustenAgro e tecnologias da web semântica.
- Artigo “Sustainability assessment of sugarcane production systems: SustenAgro Method” submetido no periódico acadêmico “Energy for sustainable Development”

1.4 Organização

Este trabalho de dissertação está estruturado da seguinte forma:

Capítulo 2: Apresenta os trabalhos relacionados sobre geração automática de Sistemas de Apoio à Decisão e os Sistemas de Avaliação da Sustentabilidade para representar o estado da arte da presente pesquisa.

Capítulo 3: Apresenta a fundamentação teórica sobre a Web Semântica e DSL com a finalidade de descrever as principais tecnologias e a teoria necessária para desenvolver o presente trabalho.

Capítulo 4: Apresenta o sistema Decisioner que permite suportar a geração de Sistemas de Apoio à Decisão.

Capítulo 5: Apresenta SustenAgro, o primeiro caso de uso do sistema Decisioner que demonstra a funcionalidade do sistema desenvolvido

Capítulo 6: Apresenta a avaliação realizada pelos especialistas.

Capítulo 7: Apresenta as conclusões do presente trabalho, uma discussão e possíveis trabalhos futuros.

Finalmente são apresentados os anexos que descrevem componentes específicos do trabalho.

SAD

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. Sendo necessária a integração de metodologias feitas por especialistas da área em questão [Heinze, Gauthier e Fialho \(2010\)](#).

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 dados, estruturar eles em modelos, interpretar, formular e avaliar alternativas e cenários distintos onde podem haver possíveis soluções para os problemas que se querem solucionar [Lu et al. \(2006\)](#).

O autor [Júnior \(2006\)](#) cita algumas vantagens dos 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 integrá-los a dados já existentes;
- Flexibilidade na geração de relatórios: sistemas desse tipo podem exibir relatórios e/ou resultados do jeito mais útil pelo tomador de decisões;
- Solução de Problemas: tem-se a capacidade de encontrar soluções em problemas simples e encontrar soluções viáveis em problemas complexos;
- 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.

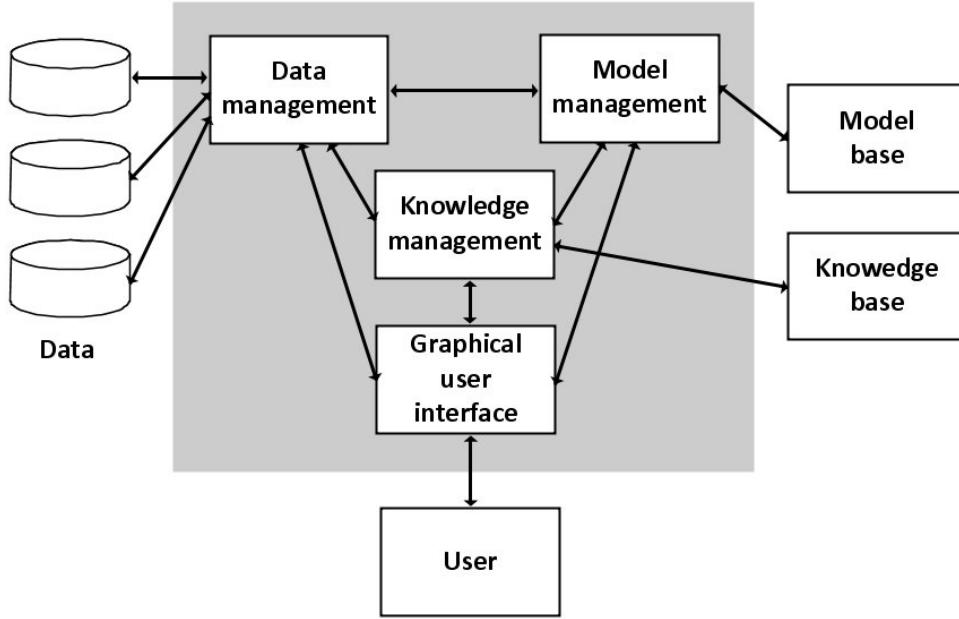


Figura 1 – Componentes de um SAD [Júnior \(2006\)](#).

A Figura 1 mostra os componentes genéricos de um SAD. Eles podem ser divididos em dados, base de modelos, base de conhecimento e interface de usuário; o banco de dados armazena os dados não tratados, é importante que dito banco seja mantido atualizado para um resultado confiável, o banco de modelos armazena vários modelos que auxiliam a criação de cenários para a tomada de decisões, o banco de conhecimento é produzido a partir do entendimento profundo do domínio de conhecimento no qual são abstraídas as regras do sistema e a interface de usuário representa cada camada do SADs para que o usuário interaja com ele.

2.1 Arquitetura para Sistemas de Apoio à Decisão

A arquitetura de um software define a organização em termos de seus componentes, suas interconexões, suas interações e também suas principais propriedades [Jong \(1997\)](#). 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 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, Fortes e Moreira \(2010\)](#). 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.

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.

2.2 Trabalhos relacionados

Na pesquisa realizada por [Wilson, Tyedmers e Pelot \(2007\)](#), analisaram e melhoraram a abordagem para o desenho e uso de modelos *Sustainable Development Indicator*, permitindo avaliar se as métricas globais SDI estão enviando uma mensagem clara para guiar o desenvolvimento sustentável.

Seis métricas globais SDI são comparadas e os resultados ilustram que as diferentes métricas variam à interpretação sobre a sustentabilidade das nações, o grau de variabilidade entre as métricas é analisado por meio de análises de correlação, ao final conclui-se que não existe consenso sobre o melhor abordagem para definir métricas.

[Kraines e Guo \(2011\)](#) desenvolveu uma ferramenta com a visão de criar um *Knowledge Sharing System for Sustainability Science* por meio do processo *Semantic Data Modeling*, uma ontologia fundamentada na lógica descritiva foi desenvolvida por meio do ISO 15926 Data Model para descrever três tipos de conceitualizações de ciência sustentável: *si-*

situational knowledge, analytic methods e scenario frameworks. Os conhecimentos dos especialistas podem ser descritos por meio de *semantic statements* utilizando esta ontologia o *semantic matching based on logic e rule-based inferences* foram usados para quantificar o *conceptual overlap of semantic statements*.

Sobre as ontologias na interface gráfica encontramos: no artigo de [Ruiz e Hilera \(2006\)](#) é analisado o uso de ontologias na engenharia de software, identificando 50 tipos de uso entre as quais foram identificados dois usos no suporte de interfaces gráficas.

[Paulheim e 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) melhorado 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, e são os seguintes:

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

são apresentados os usos mais comuns de ontologias que suportam interfaces gráficas (ontology-enhanced user interface), eles

2.3 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 ontologia foi feita em dois níveis de hierarquia. As medidas de sustentabilidade estão explicitas 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 e 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*.

Na pesquisa de [Ewert et al. \(2009\)](#) apresenta varias estrategias para abordar a complexidade nos sistemas agrícolas, começa relacionando a agricultura com os sistemas socioeconômicos e naturais, e enfrenta o problema de gerir suas múltiplas funções de uma maneira sustentável, o metodo *Integrated Assessment and Modelling (IAM)* pode fornecer uma visão sobre os possíveis impactos das mudanças políticas, existem múltiplos modelos *Integrated Assessment (IA)* mas a maioria são monolíticos resolvendo problemas específicos, os enfoques flexíveis são escassos, o *framework* proposto (SEAMLESS-IF) integra relações e processos através de "*disciplinas e escalas*" e combina análises quantitativas com apreciações qualitativas e experiências, permitindo um acoplamento entre modelos e ferramentas, este *framework* permite um avanço significativo em flexibilidade de IAM o que permite melhorar a modelagem integrado para avaliação do impacto em agricultura. A pesquisa apresenta exemplos da natureza complexa do sistema agrícola.

2.4 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.

Este capítulo apresentou os conceitos principais de SADs, incluindo a definição geral e a arquitetura de software. Ele também apontou para a necessidade da geração automática (ou semi-automática) de interfaces gráficas de usuários SADs. Uma abordagem para conseguir a geração automática (ou semi-automática) de GUIs consiste na integração com DSLs, onde sejam definidas as características gerais do sistema e integrado com os conceitos do domínio de conhecimento a través das ontologias usadas nesses sistemas.

Contexto: Web semântica e DSL

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 e Alvarenga \(2004\)](#).

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; ALVARENGA, 2004](#)).

A Web Semântica tem como finalidade estruturar os dados e informações disponíveis na Web para que tenham significado e que seja computável, gerando assim um ambiente onde agentes software e usuários possam trabalhar de maneira cooperativa, está formada por um conjunto de padrões propostos pelo World Wide Web Consortium , na figura [2](#) podem ser observados os padrões que constituem a Web Semântica e sua relação com os padrões XML . A interpretação do significado é uma habilidade inata dos seres humanos, através da associação dos conceitos que estão no cérebro por meio de estruturas neurais. Nas maquinas não existe esta habilidade, devido a que um dado ou informação é um conjunto de caracteres sem associação a conceitos, a Web Semântica procura determinar métodos para que as maquinas se aproximem nesta capacidade, atualmente é possível inferir e deduzir informações, porem não deve confundir-se com a compreensão humana.

Uma das contribuições da Web Semântica foi a formalização das ontologias, as quais vão se definir neste capítulo, nas ontologias desenvolvidas foram modelados os conceitos envolvidos no processo de avaliação da sustentabilidade em agricultura, definindo, classificando e relacionando cada um dos conceitos para assim permitir o uso em outros

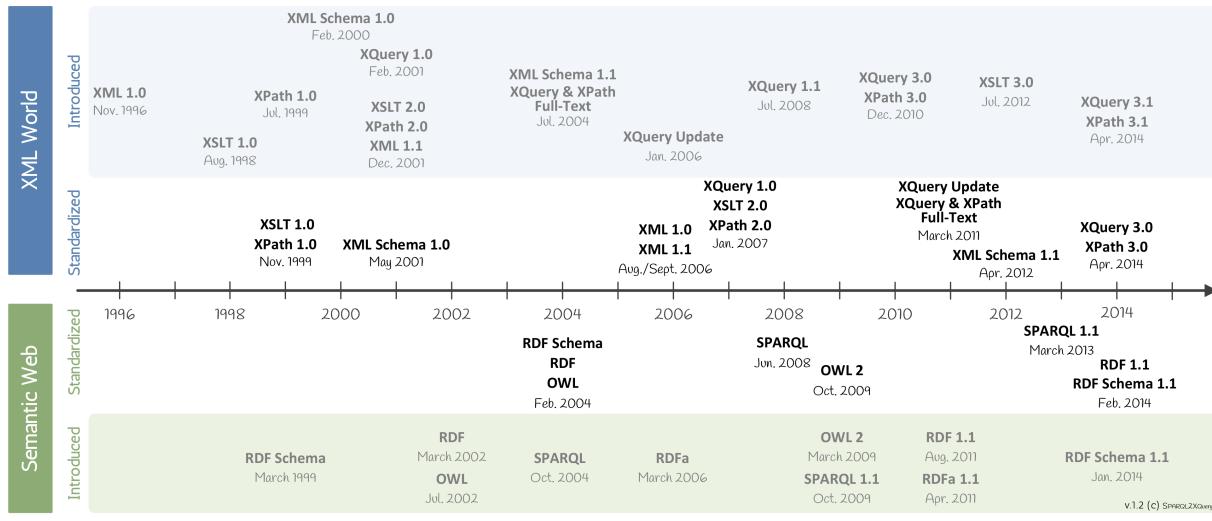


Figura 2 – História da Web Semântica

sistemas e conseguir fazer inferência de novo conhecimento.

Neste capítulo, vamos apresentar e discutir os conceitos usados da web semântica, exatamente: fundamentos da Web Semântica, Ontologias, o Resource Description Framework e a Web Ontology Language .

3.1 Web Semântica.

Berners-Lee, Hendler e Lassila (2001) propuseram a Web Semântica no 2001, como uma extensão da Web atual na que é possível vincular conceitos de maneira estruturada e padronizada com a finalidade de gerar uma web universal dos conhecimentos da humanidade; permitindo assim fornecer conhecimento estruturado para que seja computável pelas maquinas, e gerar um meio comum de representação entre os humanos e maquinas.

A partir desta visão conceitual sobre a Web, Berners-Lee propôs uma arquitetura que organiza as representações do conhecimento por meio de camadas, dita arquitetura é conhecida como Semantic Web Cake que é ilustrada na Figura 3

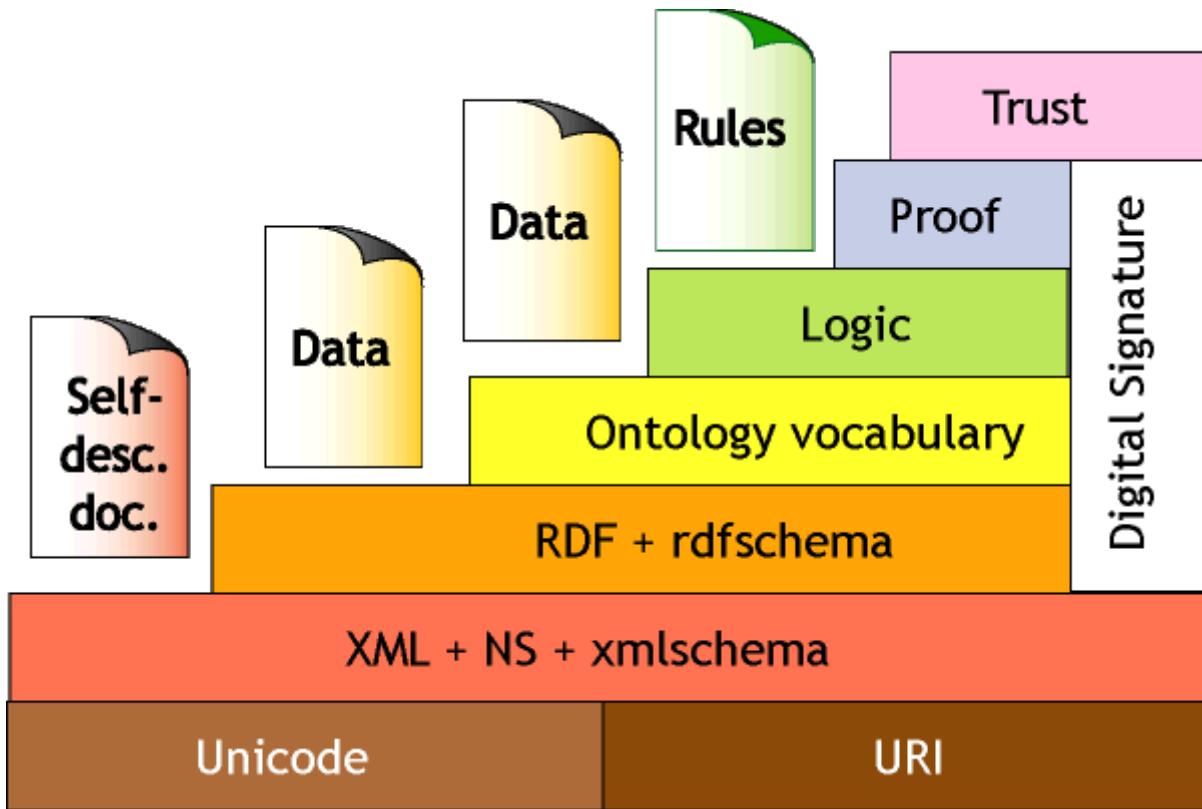
A base da arquitetura é estabelecida pelos padrões Unicode e URI, que padronizam a representação dos dados.

Unicode é um padrão que codifica os caracteres na maioria dos sistemas de escrita para representação de texto com fines de processamento computacional.

URI permite identificar unificadamente os recursos disponíveis na Web por meio de uma String.

A camada representa os dados de maneira sintática, através a definição de markups os quais codificam os documentos dando formato preestabelecido e permitindo que as informações sejam legíveis tanto por humanos como por computadores, suportando as cama-

Figura 3 – Arquitetura em camadas da Web Semântica



das superiores na arquitetura da Web Semântica.

A camada de descrição está representada na especificação que é usada como um método geral para descrição conceitual o modelagem de informação por meio de recursos, usa notações sintáticas e formatos de serialização.

A camada Ontology estende a camada de descrição, fornecendo mais expressividade na definição de conceitos, relações semânticas dos conceitos.

A camada Logic permite definir regras lógicas para deduzir e inferir novas informações que conseguem mudar a estrutura da ontologia de maneira dinâmica.

A camada Proof fornece mecanismos para avaliar o nível de confiabilidade das fontes de recursos e informações.

A camada Trust representa o conhecimento validado e confiável.

O componente Digital Signature permite integrar métodos de segurança que garantam a confiabilidade da informação.

O presente trabalho incluiu desde as camadas inferiores até o OWL, permitindo definir ontologias que representem os domínios de conhecimento.

3.2 Ontologias

[Smith et al. \(2007\)](#) descreve a ontologia como uma área da filosofia, que estuda a natureza, existência e realidade dos entes, assim como as categorias do ser e das relações

semânticas.

[Allemang e Hendler \(2011\)](#) define as ontologias no contexto da Web Semântica como um esquema de representação que permite conceitualizar e estruturar conhecimento, permitindo a interpretação dele através das computadoras, cujo principal objetivo é compartilhar conhecimento entre humanos e computadoras.

Na ciências da computação e informação, a palavra “ontologia” define-se como uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada de um domínio de conhecimento.

Segundo [Patel-schneider \(2005\)](#) a representação de ontologia é realizada por meio de lógica de predicados e lógica descritiva, usando padrões adotados pela comunidade como RDF e OWL.

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.

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 e classificação dos indivíduos em um sistema lógico e hierárquico contendo subclasses que representam conceitos específicos [Noy, McGuinness 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. 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; MCGUINNESS et al., 2001](#)). Os indivíduos representam objetos do domínio de interesse [Horridge e Bechhofer \(2011\)](#).

A Figura 4 mostra os níveis de representação de dados na forma de conhecimento processável por máquinas.

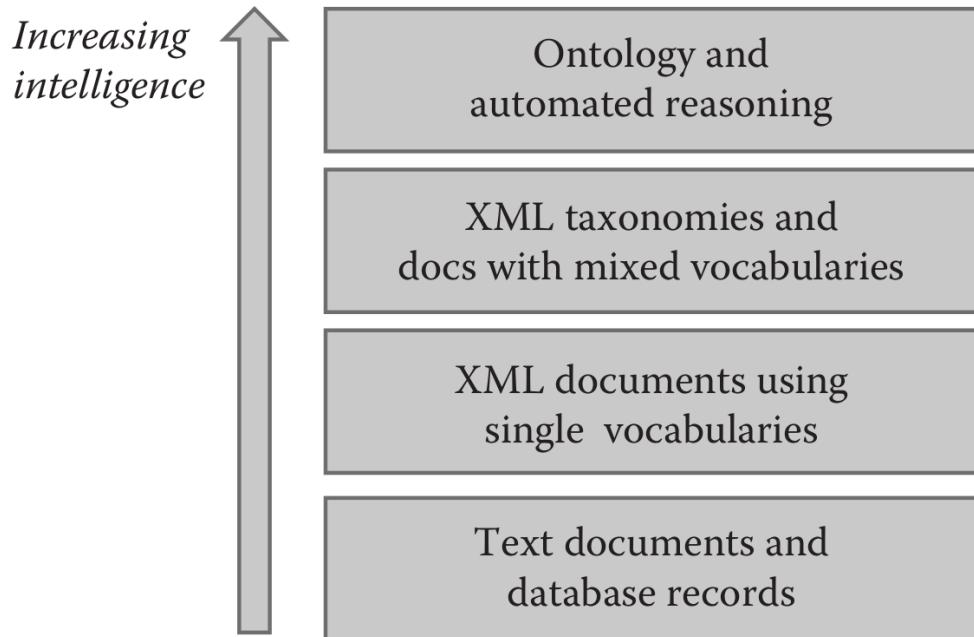


Figura 4 – Smart data continuum: níveis de representação de dados na forma de conhecimento processável por máquinas.

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 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; GULLA, 2011**), cada uma destas características compõem as ontologias.

3.3 Resource Description Framework (RDF)

O é uma família de especificações da W3C, que foi disponibilizada em 1999 como parte do W3C's Semantic Web Effort, que fornece um Framework comum que permite aos dados serem compartilhados e reusados através das fronteiras das aplicações, empresas e comunidades¹. 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 rela-

¹ <http://www.w3.org/2001/sw/>

ções 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 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 consegue fazer modelagens específicas nem integrar inferência. Para se descrever o que um objeto representa e suas relações com outros objetos, são necessárias ontologias.

3.4 Web Ontology Language (OWL)

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, Harmelen et al. \(2004\)](#). OWL é uma linguagem que permite que a semântica seja explicitamente associada ao conteúdo dos dados na web e formalmente especificada através de ontologias, compartilhadas na Internet.

A versão OWL 2 é a versão mais recente da linguagem OWL. 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 5). 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; HARMELEN 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; HARMELEN et al., 2004](#)). OWL DL inclui todas as construções da linguagem OWL, mas elas podem ser usadas somente sob certas restrições.

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

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

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 restringida.

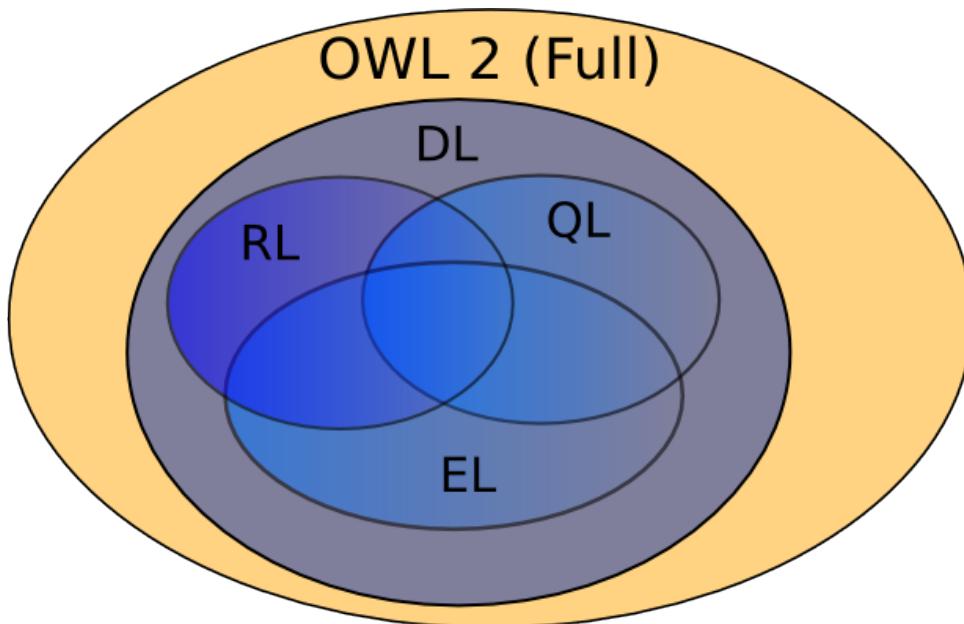


Figura 5 – OWL2 Profiles.

3.5 DSL

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.

O conceito não é novo, linguagens de programação de propósito específico existiram desde o começo das linguagens de programação, mas o termo tornou-se 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.

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, com o qual 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.

Segundo [Mernik, Heering e Sloane \(2005\)](#) as vantagens das DSL em comparação com as linguagens de propósito geral são a expressividade, facilidade de uso e a integração com o domínio da aplicação

3.6 Considerações finais

Os conceitos apresentados anteriormente foram necessários para o desenvolvimento do sistema gerador de SADs, demonstrando que a web semântica fornece o suporte tecnológico e teórico suficiente para abordar o desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento, particularmente as ontologias suportaram vários aspectos cruciais no desenvolvimento deste projeto, pelo qual elas foram o foco central da presente pesquisa. Através dos conceitos definidos nelas, será possível associar tipos aos dados e modos de apresentação dos mesmos (por exemplo, tipos de gráficos de apresentação), a partir dessas descrições, widgets podem ser geradas de maneira automática e assim suportar a geração de SADs de maneira semiautomática.

Decisioner

Neste capítulo é apresentado o sistema Decisioner, principal contribuição do projeto desenvolvido, ele gerá Sistemas de Apoio à Decisão e está composto por ontologias para representar o conhecimento e por uma DSL que permite gerenciar os conceitos e estabelecer as configurações gerais por parte de especialistas do domínio para gerar o SAD.

Os SADs segundo a descrição feita no capítulo ?? estão compostos por banco de dados, base de modelos, base de conhecimento e a GUI como componentes principais, os quais foram organizados em componentes baseados na Web Semântica e nas DSL com a finalidade de desenhar um sistema gerador de SAD.

4.1 Arquitetura do Decisioner

O modelo geral desta solução é apresentado na Figura 6, na qual as ontologias representam o banco de dados, base de modelos e base de conhecimento, permitindo a integração e padronização desses componentes, ditas ontologias são gerenciadas pela DSL que permite definir o comportamento do SAD e finalmente é integrado o sistema de GUIs que permite visualizar o SAD por meio de uma interface Web, suportando assim o componente visual dos SAD.

O processo de definição dos SAD são controlados pela DSL, disponibilizando aos especialistas do domínio uma linguagem especializada e de fácil uso para definir e configurar os SAD segundo o critério deles, o conjunto destes três componentes foi intitulado Decisioner.

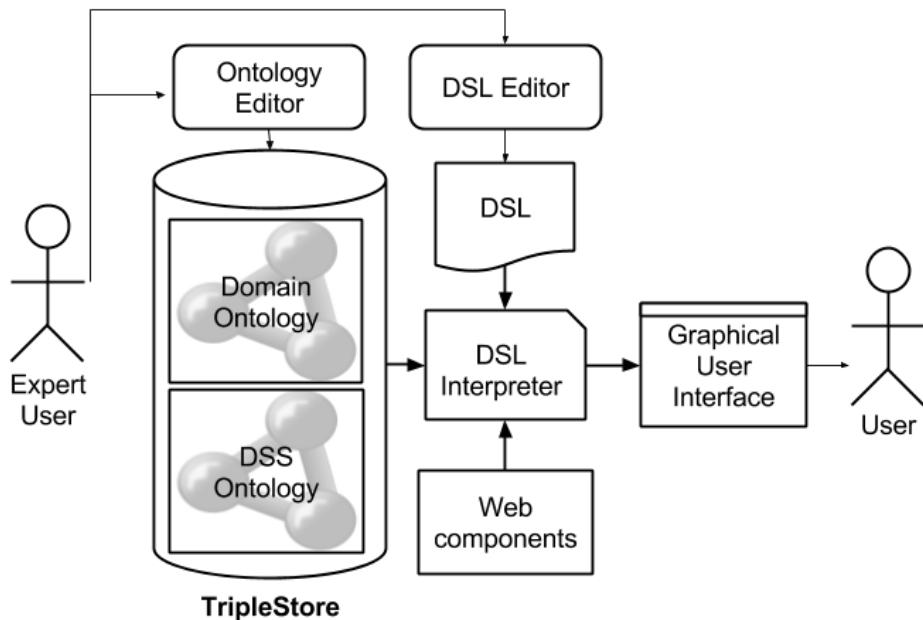


Figura 6 – Arquitetura do Decisioner

1. Ontologia de interfaces gráficas: ontologia que representa as interfaces gráficas de usuários e os tipos de dados, fazendo um mapeamento entre os dois.
2. TripleStore: sistema de armazenamento e recuperação da informação que padroniza as informações em formato de triplas, permitindo a compatibilidade e o reúso das informações entre fontes de dados externas.
3. Sistema gerador de interfaces gráficas: Sistema que usa a ontologia de interfaces gráficas e as definições feitas na DSL para gerar as interfaces gráficas Web, que compõem os SADs gerados pelo Decisioner.

4.2 Metodologia

Com a finalidade de desenvolver o modelo de geração de SAD anteriormente dito, foi escolhido um caso de uso que corresponde a um SAD para avaliação da sustentabilidade intitulado SustenAgro, o qual foi requerido pelos especialistas em sustentabilidade da Embrapa Meio Ambiente.

Os componentes da arquitetura do SustenAgro não são exclusivos do SustenAgro, podendo ser reusados em outros SADs, os quais foram generalizados para suportar a geração de outros tipos de sistema.

O desenvolvimento dos componentes do Decisioner foram realizados da seguinte maneira:

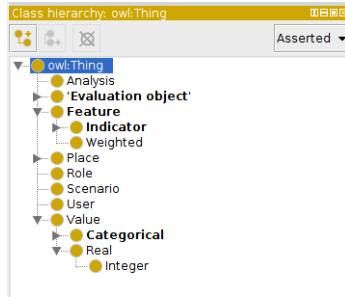


Figura 7 – Estrutura Geral da Ontologia de Domínio

4.2.1 Ontologia do domínio

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.

A ontologia do domínio foi desenvolvida baseada nas definições feitas pelos especialistas, que foram generalizadas a través das seguintes classes representadas na Figura 7, cada uma delas permite representar os conceitos gerais dos sistemas de avaliação da sustentabilidade.

Também permite a integração de conceitos, inclusive quando pertencem a domínios sem relação aparente. Um exemplo disso é a inter-relação do conhecimento de sustentabilidade com conhecimento de interfaces gráficas de usuário, que suporta a geração de SAD para avaliação da sustentabilidade, o conhecimento modelado foi dividido em duas ontologias, avaliação de sustentabilidade e do SAD.

As ontologias da web semântica são compatíveis com as tecnologias web, permitindo o uso e integração por outros sistemas dado que está em um formato padronizado.

A classe *Analysis* representa o conceito de avaliação de sustentabilidade onde cada indivíduo dela representa uma avaliação cadastrada no sistema.

A classe *EvaluationObject* representa os objetos que serão avaliados pelo SAD, os quais tem indicadores que permitem suportar o processo de avaliação.

A classe *Feature* representa cada uma das características dos objetos de avaliação, principalmente indicadores que são usados durante o processo de avaliação.

A classe *Indicator* representa o conceito de indicador que representa cada conceito a avaliar.

A classe *Weighted* representa o conceito de indicador vinculado com um peso que permite atribuir uma

4.2.2 Ontologia de controles de gráficos

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.

O sistema gerador de interfaces gráficas permite suportar aspectos de usabilidade e flexibilidade ao sistema. Essa última característica constitui uma nova proposta de desenvolvimento de SADs que permite a adaptação automática (ou semi-automática) da interface às mudanças dos conceitos do domínio.

4.3 Decisioner DSL

No desenvolvimento da presente pesquisa foi necessário definir uma DSL que permitisse representar as principais características do SAD que precisávamos desenvolver, dito SAD foi desenhado para avaliar a sustentabilidade em agricultura, pelo qual foram integrados conceitos do domínio de conhecimento na definição dos componentes do SAD, fornecendo uma linguagem para especialistas onde é suportada a definição dos SAD, as características da DSL são:

A DSL foi baseada na linguagem Groovy [Koenig et al. \(2007\)](#), sendo uma extensão da linguagem Groovy, devido a que esta linguagem suporta o 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.

Uma outra vantagem de Groovy é a disponibilidade do Grails Framework para a criação de aplicações Web [Judd, Nusairat e Shingler \(2008\)](#).

O uso da DSL por especialistas em sustentabilidade deve diminuir o esforço necessário para se desenvolver um SAD nesse domínio.

Espera-se que, usando a DSL, os próprios especialistas vão ser capazes de fazer parte do desenvolvimento e validação.

4.3.1 Evaluation Object

Os SAD focados na avaliação, é necessário definir um objeto de avaliação que permita representar as entidades a avaliar, este objeto pelo geral tem propriedades que vão representar cada um dos indivíduos a avaliar, pelo qual foi definido o comando *evaluationObject*, que define a estrutura do objeto de avaliação e vincula os controles visuais, o comando tem como argumentos a URI da classe dos elementos que vão ser avaliados e cada uma das propriedades relacionadas. No código 4.1 apresenta-se uma parte da DSL que define a classe

do objeto de avaliação *ProductionUnit* e as propriedades por meio dos comandos *instance* e *type*.

Listagem 4.1 – Definição de Evaluation Object

```
evaluationObject ":ProductionUnit", {
    instance "ui:hasName", label: ["en": "Name", "pt": "Nome"]
    instance ":hasAgriculturalProductionSystem"
    type label: ["en": "Type", "pt": "Tipo"]
}
```

O comando *instance* vincula uma propriedade definida na ontologia através da URI a qual pode estar complementada por parâmetros que customizam a representação visual da propriedade.

O comando *type* vincula as subclasses da classe principal, para ser atribuída nas instâncias de Evaluation Object, no caso do Sistema SustenAgro, dito comando identifica que as instâncias de *ProductonUnit* também podem ser um *Provider* ou uma *Plant*. Os parâmetros que podem complementar os anteriores comandos são:

1. *label*: define um texto associado
2. *placeholder*: define um texto de ajuda
3. *required*: define uma propriedade obrigatória
4. *widget*: define um controle gráfico de usuário

4.3.2 Feature:

O comando *Feature* define as características que serão apresentadas durante a avaliação para serem instanciadas como parte da Analysis, ele tem como argumento uma URI que permite vincular as subclasses da classe referenciada, as instâncias destas classes serão quantificadas mediante o processo da avaliação no qual é realizado o preenchimento da propriedade *has value* que vincula cada Feature com um Value para quantificá-lo. No sistema SustenAgro foram estabelecidas as Features por meio das URIs das classes: EnvironmentalIndicator, EconomicIndicator, SocialIndicator, ProductionEfficiencyFeature e TechnologicalEfficiencyFeature. Além disso é possível acrescentar a inserção de *features* novas na interface gráfica de usuário a través do parâmetro *extraFeatures*.

Listagem 4.2 – Definição de Features

```
feature ':EnvironmentalIndicator', 'extraFeatures': true
```

4.3.3 Logica de avaliação:

O comando *Report* define o tratamento quantitativo que vai ser efetuado às *Features*, com a finalidade de obter valores gerais ou padrões como resultado do processo de avaliação, suportando a definição de operações lógicas e aritméticas existentes tanto das linguagens Java e Groovy, fornecendo assim uma linguagem para edição do método de avaliação, permitindo atualizar o método dinamicamente e em tempo de execução, ditos valores gerais são apresentados diretamente ou por meio de *widgets* que facilitem a representação e compreensão da avaliação do sistema. No código seguinte apresenta-se a implementação da formula do Sistema SustenAgro, criando variáveis resultado de operações aritméticas para gerar resultados gerais, no caso do SustenAgro o código gera a variável *sustainability* que representa o índice de sustentabilidade, mas pode ser definido qualquer método computável.

Listagem 4.3 – Definição da logica de avaliação.

```
report {
    environment = weightedSum(data . ': EnvironmentalIndicator ')
    economic = weightedSum(data . ': EconomicIndicator ')
    social = weightedSum(data . ': SocialIndicator ')
    sustainability = (environment + social + economic)/3
}
```

O comando *report* também define as *widgets* que conformam a parte visual do *report*, o qual pode usar as variáveis de resultado da logica de avaliação como entrada das *widgets* para melhorar a representação e facilitar a compreensão dos resultados. No código seguinte apresenta-se um exemplo de uso desta funcionalidade no sistema SustenAgro, no qual são definidos comandos que geram as interfaces gráficas, como *sustainabilityMatrix* que usa as variáveis geradas anteriormente como argumentos.

Listagem 4.4 – Definição dos controles visuais do report

```
report {
    evaluationObjectInfo()
    sustainabilityMatrix x: sustainability , y: efficiency
    text 'en': 'Microregion map' , 'pt': 'Mapa da microregião'
    map data . 'Microregion'
}
```

Por meio dessas configurações da DSL definiu-se as interfaces gráficas de usuário do sistema para suportar o processo de avaliação, gerando a representação visual dos Evaluation Objects, das Features, da logica da avaliação e da interface gráfica do report.

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

elementos conceituais:

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

Os elementos que compõem a DSL tem controles gráficos predefinidos e será possível parametrizar as características destes controles gráficos visuais. Por exemplo para as propriedades de tipo numérico contínuo tem uma *widget* que representa os valores reais que podem ser atribuídos em aquela propriedade, dita *widget* pode ser mudada a outra de acordo com as preferências dos usuários. No caso das mudanças no design são feitas através da edição do CSS3.

4.4 Ontologias

Sobre as ontologias sobre interfaces gráficas, no artigo de Ruiz e 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 e 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 *AGRO-VOC Agricultural Vocabulary*¹ que é um *thesaurus* que fornece termos padronizados sobre

¹ <http://aims.fao.org/agrovoc>

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 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.

4.5 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 Parliament² 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.

4.6 Sistemas de apóio à decisão

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; GAUTHIER; FIALHO, 2010).

O sistema SustenAgro é um SAD e será desenvolvido com o apoio da equipe do projeto SustenAgro (Anexo ??) 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.

² <http://parliament.semwebcentral.org/>

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.

4.7 Sistemas de apoio à decisão

Os sistemas de apoio 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; GAUTHIER; FIALHO, 2010](#)).

O sistema SustenAgro é um SAD e será desenvolvido com o apoio da equipe do projeto SustenAgro (Anexo ??) 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.

4.8 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 indica-

dores. Eles armazenam um valor inserido pelo usuário, que pode ser de diversos tipos como numérico continuo, numérico discreto, percentagem, booleano, lista de termos ou alfanumérico. Dada essa diversidade, é importante representar os diversos tipos de controles gráficos em uma linguagem do domínio do especialista, para que possam ser usados para input da definição dos indicadores e que faça um mapeamento entre os indicadores e os tipos de indicador que vai ser armazenado no sistema.

Esta ontologia vai suportar a DSL fornecendo uma definição formal dos controles gráficos que serão mapeados para cada tipo de indicador, a DSL será apresentada a continuação.

Sustenagro

O SAD SustenAgro é um sistema web que suporta a avaliação da sustentabilidade em cana-de-açúcar, especificamente está composto por um conjunto de definições em formato de Ontologias e DSL que permitem gerar dito sistema a través do Decisioner, o principal componente dele é a ontologia do domínio em avaliação da sustentabilidade.

O desenvolvimento de SustenAgro permitiu definir os componentes principais do sistema Decisioner, pelo qual os dois sistemas estão muito relacionados mas correspondem a sistemas independentes.

5.1 Arquitetura do SustenAgro

O SAD SustenAgro permitiu modelar e desenvolver os componentes que fazem parte do Decisioner, devido a que foi o primeiro caso de uso, a continuação são apresentados os componentes da arquitetura por meio da figura 8:

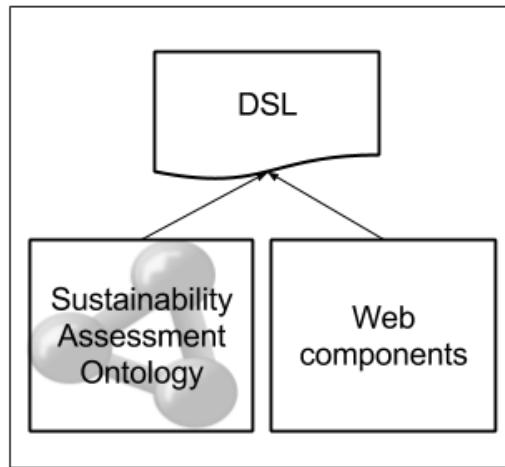


Figura 8 – Arquitetura de SustenAgro

1. Ontologia do domínio: ontologia que representa os conceitos do domínio, avaliação da sustentabilidade do sistema produtivo de cana-de-açúcar, ela é a base para o sistema SustenAgro porque permite estabelecer os conceitos fundamentais que são utilizados pelo sistema, entre eles: indicadores, componentes de indicadores, índices, dimensões da sustentabilidade, recomendações e o método de avaliação.
2. Web components: são um padrão para definição e gerenciamento de widgets reusáveis na web, fornecendo um modelo que permite encapsulamento e interoperabilidade dos componentes.
3. DSL: linguagem específica do domínio para gerenciar os conceitos das ontologias permitindo vincular com os componentes necessários para gerar o SAD por meio do sistema Decisioner, fornecendo uma linguagem específica para definir SADs por parte dos especialistas do domínio.

5.2 Metodologia.

A metodologia que direcionou o desenvolvimento foi SCRUM [Schwaber e Beedle \(2002\)](#) e o design foi realizado por meio do enfoque User Centered Design, permitindo integrar práticas ágeis no desenvolvimento do software. Nesse contexto, o termo ágil refere-se ao desenvolvimento em tempos curtos e geração de protótipos facilmente adaptáveis às

mudanças, e fez uso de ferramentas de análise como: “Mockups”, “User Stories”, “Scenarios”, “Storyboards” e “Use Cases”.

A metodologia implementada incluiu as seguintes etapas:

1. Levantamento de requisitos: esta 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.
2. Desenvolvimento do *Mockup* da interface gráfica do sistema, que foi analisado pelos especialistas da Embrapa, para determinar se incluía as funcionalidades básicas do sistema descrito no levantamento dos requisitos.

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 triple-stores, que são bancos de dados e que adicionam significado semântico aos seus dados.

Na Figura 9 é apresentada a proposta metodológica que guiará o desenvolvimento das ontologias. Ela tem natureza cíclica, gerando, em cada ciclo, um protótipo funcional.

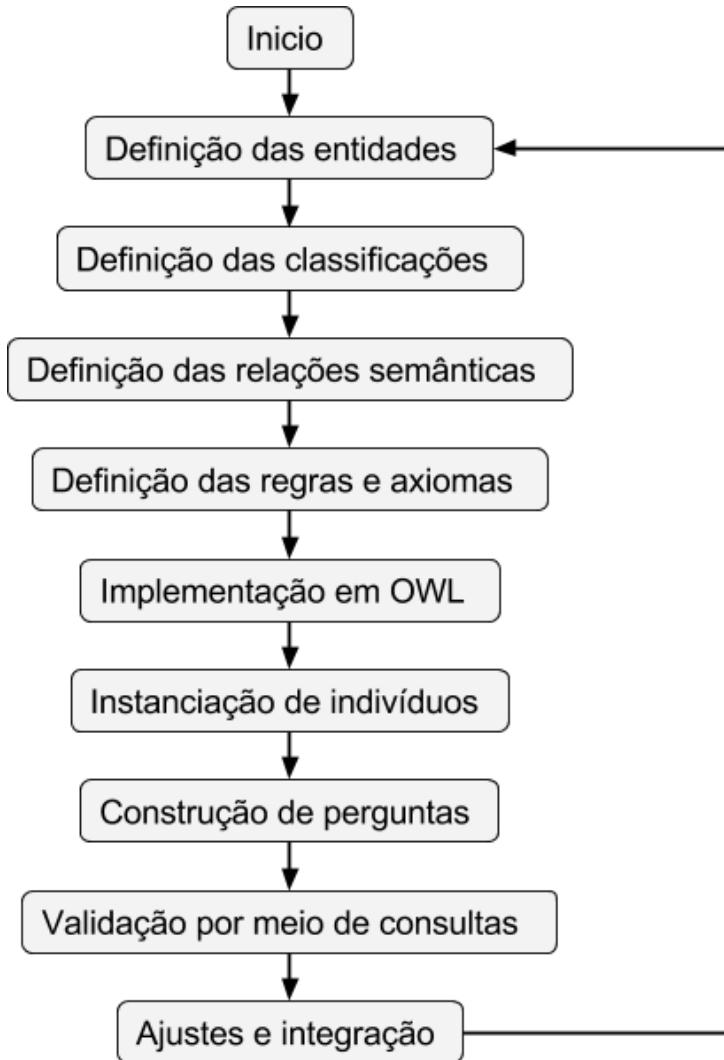


Figura 9 – Metodologia de definição das ontologias

Os resultados gerados durante a implementação do SAD SustenAgro são: User Stories, Scenarios, Story Boards, Mockups e o SAD SustenAgro.

Cada uma das anteriores etapas de desenvolvimento foram testadas com os especialistas para avaliar se corresponde com funcionalidades do sistema que satisfaçam os requisitos manifestados

5.3 Ontologia SustenAgro: avaliação da sustentabilidade

A ontologia SustenAgro representa o conhecimento base para realizar uma avaliação de sustentabilidade, está composta de várias classes fundamentais como *Production Unit*, *Indicator*, *Variable*, *Value*, *Microregion*, etc. As quais são integradas e relacionadas para representar o domínio de avaliação de sustentabilidade em cana-de-açúcar, a continuação são apresentados as principais classes desta ontologia:

A classe *Production Unit*, representa as organizações que podem ser avaliadas pelo sistema SustenAgro para obter uma medida da sustentabilidade, atualmente podem ser *For-*

necedores de cana-de-açúcar e / ou Usinas processadoras de cana-de-açúcar, cada processo de avaliação requer dados que definem as unidades produtivas através das propriedades que os conformam, existe um conjunto de propriedades obrigatórias como:

- Name: define o nome da unidade produtiva
- Harvest year: define o ano da safra.
- Agricultural production system: relaciona o sistema de produção agrícola em avaliação.
- Has microregion: relaciona a microrregião da unidade produtiva
- Has state: relaciona o estado Brasileiro
- Availability of assessment results: relaciona o tipo de disponibilização dos resultados.
- Sugarcane source: relaciona a origem da cana

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.

Na figura 10 apresenta-se a modelagem de Production Unit, feita na ferramenta Protégé.

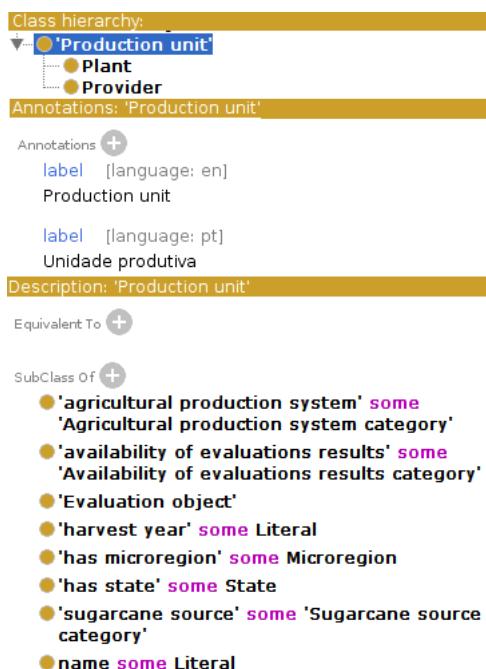


Figura 10 – Modelagem unidade produtiva

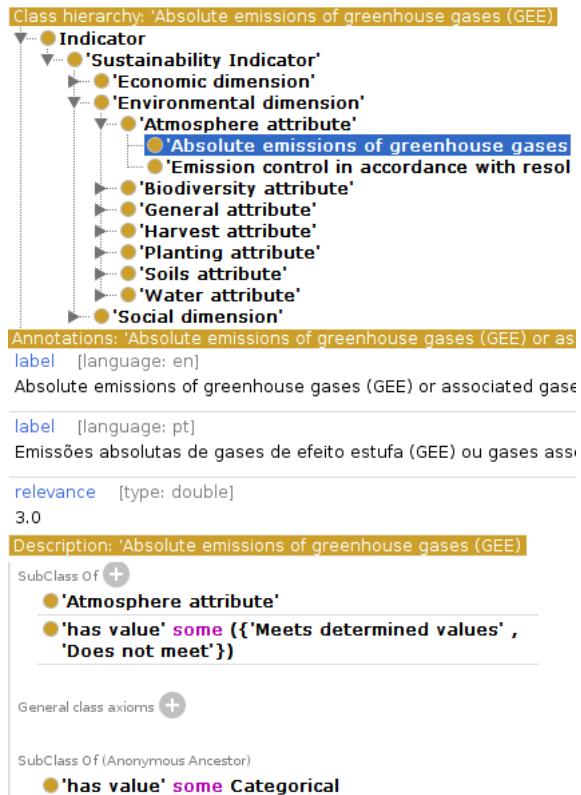


Figura 11 – Modelagem de Indicator

As classes *Indicator* e *Variable* representam as características das unidades produtivas que serão identificadas e quantificadas em cada processo de avaliação, eles tem um *Value* que os quantifica, esta propriedade junto com outras conformam um formato que permite identificar e gerenciar tais elementos.

A figura 11 apresenta a modelagem do indicador *Absolute Emissions Of Greenhouse Gases* que apresenta a anotação *relevance* e a propriedade *has value* que estabelece o formato de um *Indicator*. A classe *Variable* também representa características das classes *Production Unit* que permite quantificá-las por meio da propriedade *has value* e pode ter como opcional um *has weight* que relaciona um peso por parte do usuário final para atribuir a importância de cada característica segundo a *Production Unit* avaliada.

A figura 12 apresenta a estrutura hierárquica das variáveis e a variável *Adequacy of boilers* que tem as duas propriedades descritas anteriormente.

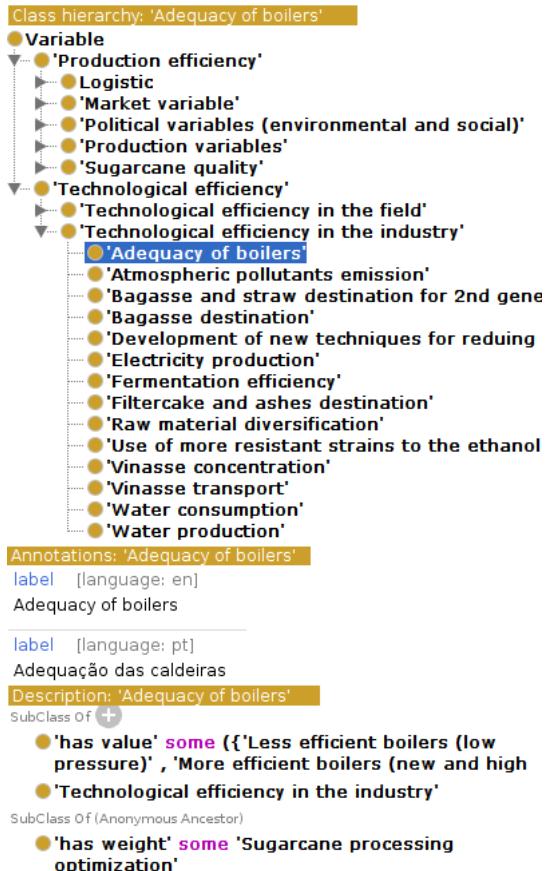


Figura 12 – Modelagem de Variável

As classes *State* e *Microregion* representam os lugares onde são localizadas as unidades produtivas, permitindo definir o estado e a microrregião para as fazendas e as usinas relacionadas com cana-de-açúcar, atualmente o sistema SustenAgro tem 7 estados pertencentes ao centro-sul do Brasil e 243 microrregiões dentro dos estados registrados, estes dados foram consultados semanticamente e integrados no sistema a partir de uma consulta na DB-pedia.

A figura 13 representa a modelagem das localizações geográficas usadas no sistema SustenAgro, com algumas instâncias de *Microregion*.



Figura 13 – Modelagem de Microrregião

A partir das anteriores classes foi possível desenvolver o modelo de dados em formato de ontologias da web semântica OWL, as classes descritas foram relacionados por meio de *Object Properties* e *Data Properties* que permitem vincular semanticamente as classes associadas na avaliação de sustentabilidade.

Os *Data/Object Properties* precisam ter definida a propriedade *rdfs:range* para realizar a validação das classes vinculadas e algumas são Functional para garantir uma relação de um a um.

5.4 Ontologia SAD

A ontologia de Sistema Apoio à Decisão contem os elementos que foram abstraídos a partir do analise dos sistemas SAD usados pela Embrapa Meio Ambiente em seus processos de avaliação.

Os sistemas software de avaliação que foram analisados são:

1. Sistema SustenAgro: avaliação da sustentabilidade agricola em cana-de-açúcar.
2. Sistema Innova-Tec: avaliação do impacto da inovação tecnológica.
3. Sistema Nano-Tec: avaliação do impacto das nanotecnologias.

A partir desses sistemas foram identificados elementos comuns, que foram abstraídos na ontologia SAD com o proposito de generalizar as classes da ontologia sustenagro, para fornecer a geração de interfaces gráficas .

As classes idenficadas e modeladas são:

- Evaluation Object: classe que representa os objetos que serão analisados em cada processo de avaliação, os quais vão ficar como indivíduos desta classe ou de alguma subclasse dela, no caso do sistema SustenAgro a classe *Production Unit* é subclasse do Evaluation Object.
- Feature: classe que representa as características de um Evaluation Object que serão quantificadas, analisadas e usadas no processo de geração de resultados do processo de avaliação, pelo geral as Features tem uma propriedade numérica que a quantifica.
- Analysis: classe que vincula o resultado de uma avaliação, o nome e data da avaliação, assim como o Evaluation Object, para representar uma avaliação
- Value: classe que representa os valores que são atribuídos a cada instancia de Feature.
- User: classe que representa os usuários do sistema.
- Role: classe que representa os tipos de usuário do sistema, relacionando as permissões de cada tipo, por padrao tem estão instanciados os perfis User e Admin

Na figura 14 é apresentada a modelagem basica da estrutura de um SAD, com as classes que foram obtidas a partir da abstração da ontologia SustenAgro.

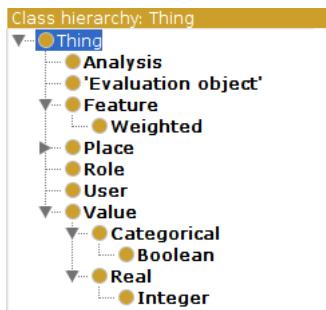


Figura 14 – Modelagem abstracto do SAD

A classe *Value* representa os valores que são relacionados com cada característica da unidade produtiva, o qual esta subdividido nas classes *Categorical* ou *Real*, no caso de SustenAgro representa os possíveis valores que um *Indicator* ou *Variable* pode ter, os elementos discretos e definidos como os categóricos são modelados como indivíduos da classe, permitindo assim, restringir as opções de escolha.

Na figura 15 é apresentado a classe *Value* e as subclasses modeladas, tanto *Categorical* para conjunto finito de valores e *Real* para valores numéricos, como exemplo está a classe *Yes/No* que representa os valores de sim e não, os quais são modelados como indivíduos de dita classe.

Cada individuo da classe *Value* tem a propriedade *as number* que relaciona um valor numérico para definir um critério de comparação e fornecer um formato para este tipo de dados.

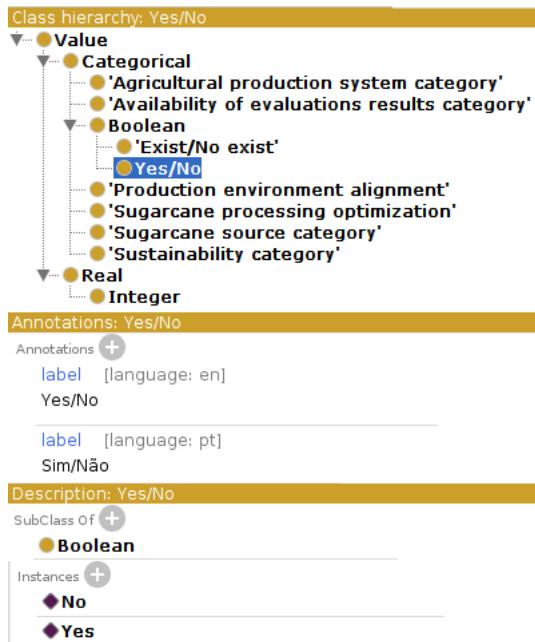


Figura 15 – Modelagem de Value

Estas classes são complementadas com propriedades como rdfs:range ou por padrões dos dados que relacionam as widgets mais apropriadas na representação de informações, e assim fornecer a geração de interfaces gráficas de usuário.

A partir do anterior formato a classe

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 [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 domí-

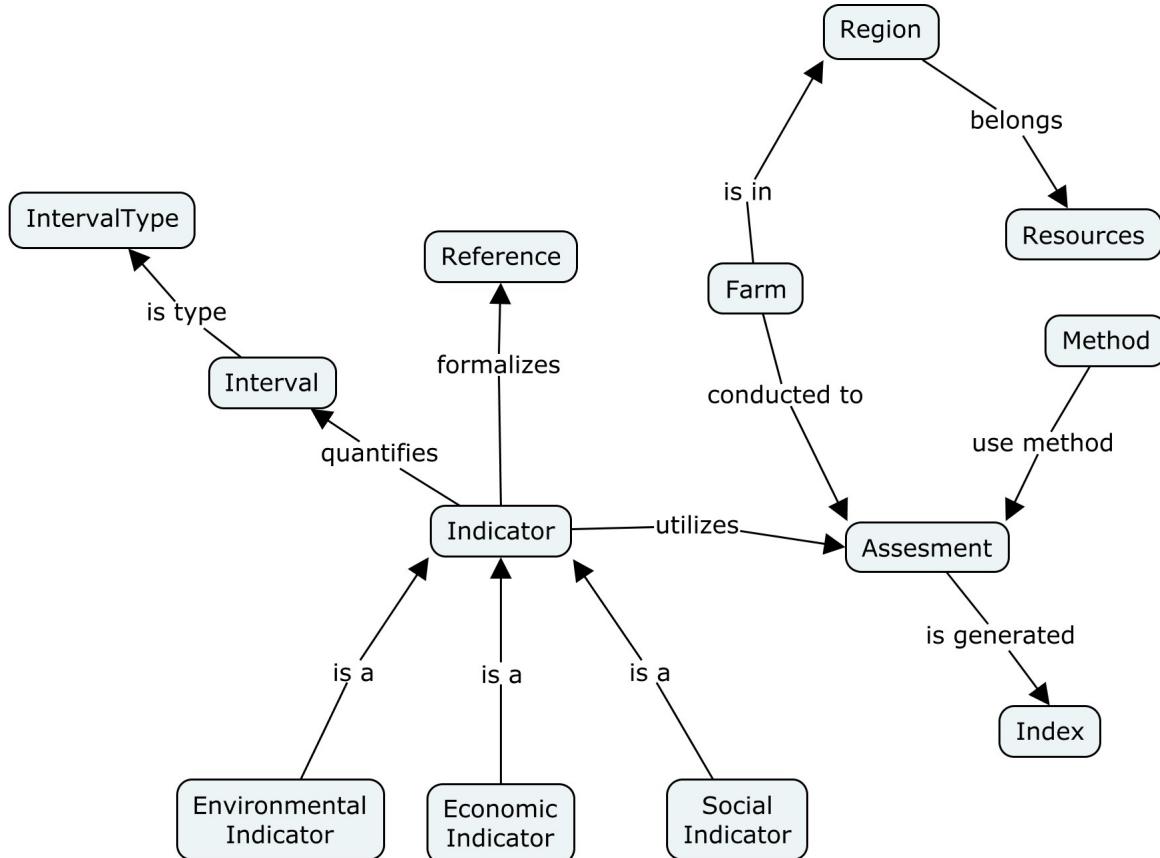


Figura 16 – Primeiro esboço do mapa conceitual

nio 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. Isso evitaria problemas de falhas de entendimento entre os especialistas de domínio e os programadores desenvolvendo os SADs. A figura 16 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.

5.5 Ontologia de avaliação de Sustentabilidade

O conhecimento sobre sustentabilidade no sistema de produção de cana-de-açúcar foi representado por meio de entidades, classes, relações semânticas e axiomas. Ditos elementos constituíram a ontologia, representado formalmente os conceitos do domínio, os quais foram integrados em cada uma das funcionalidades do sistema permitindo a personalização e vinculação da informação para satisfazer os requisitos dos usuários do sistema SustenAgro.

Eles são sistemas complexos que integram fenômenos de natureza diversa ([SIMON, 1991](#)), integrando três subsistemas: (i) o subsistema ambiental que fornece as condições físicas, químicas e biológicas que suportam o desenvolvimento das culturas, (ii) o subsistema social que integra organizações e pessoas que realizam a produção, relacionando-se internamente e externamente com os 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 estes subsistemas, emerge um comportamento complexo que requer uma abordagem holística e inter-relacionada para suportar a tomada de decisões que garantam a sustentabilidade do sistema em análise.

ditos sistemas também são chamados dimensões da sustentabilidade, segundo a literatura estas dimensões são: ambiental, econômica e social ([OLSSON et al., 2009](#)).

O software SustenAgro baseou-se em indicadores da sustentabilidade nas três dimensões, os quais foram propostos por um grupo de especialistas de diversas áreas da produção agrícola e sustentabilidade ([CARDOSO, 2013](#)), esta base conceitual foi padronizada por meio de ontologias para representar e organizar dito conhecimento, conseguindo assim uma representação comprehensível pelos humanos e computadores ([ALLEMANG; 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 software.

O conhecimento sobre sustentabilidade no sistema de produção de cana-de-açúcar foi representado por meio de entidades, classes, relações semânticas e axiomas. Ditos elementos constituíram a ontologia, representado formalmente os conceitos do domínio, os quais foram integrados em cada uma das funcionalidades do sistema permitindo a personalização e vinculação da informação para satisfazer os requisitos dos usuários do sistema 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.

O sistemas agrícolas foram modelados por meio de três subsistemas: (i) o subsis-

tema ambiental que fornece as condições físicas, químicas e biológicas que suportam o desenvolvimento das culturas, (ii) o subsistema social que integra organizações e pessoas que realizam a produção, relacionando-se internamente e externamente com os 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 estes subsistemas, emerge um comportamento complexo que requer uma abordagem holística e inter-relacionada para suportar a tomada de decisões que garantam a sustentabilidade do sistema em análise.

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; GUO, 2011](#)). A Figura 17 representa a dimensão ambiental, modelo onde são definidos os seguintes conceitos (*containers*):

- 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 18, 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

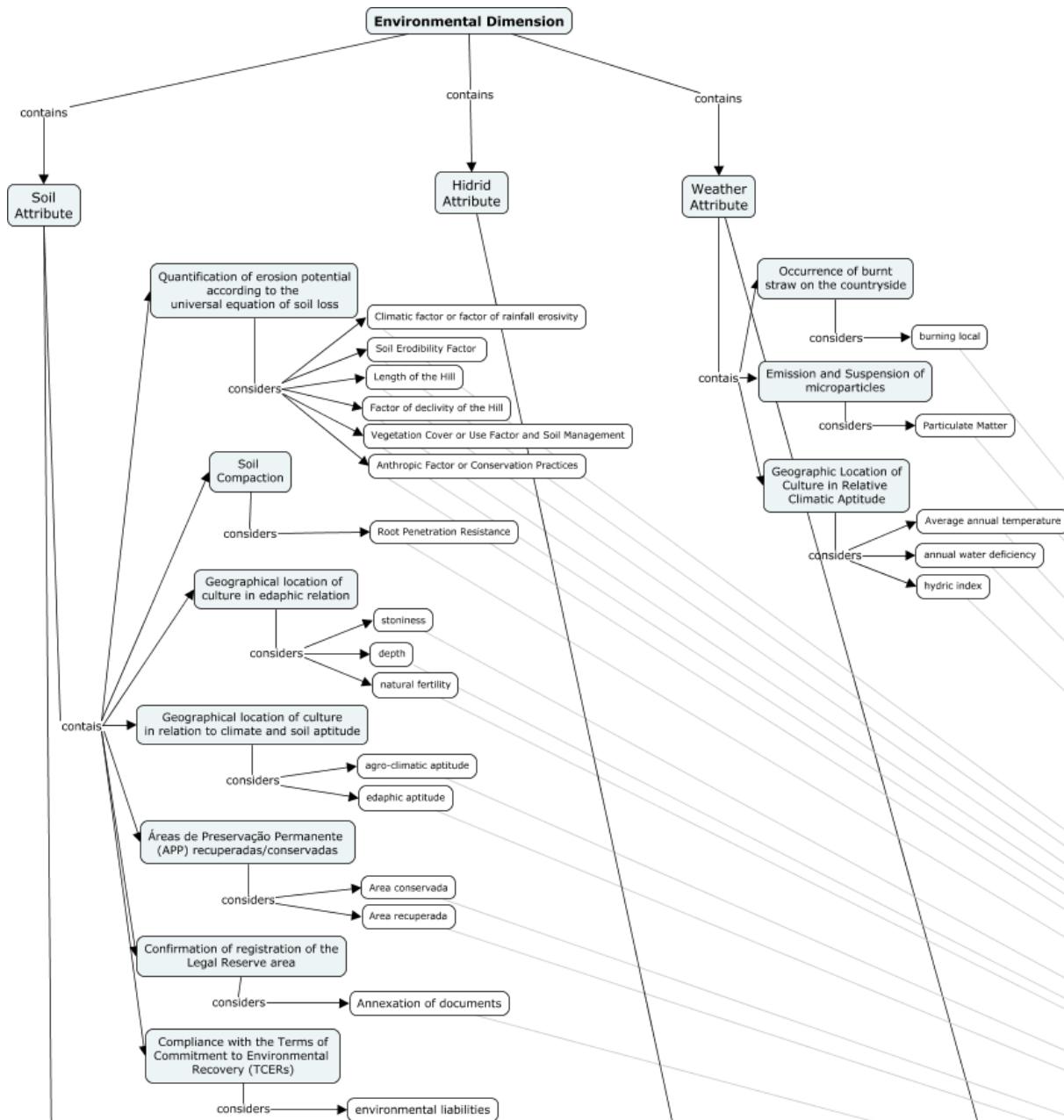


Figura 17 – Mapa conceitual - Ambiental

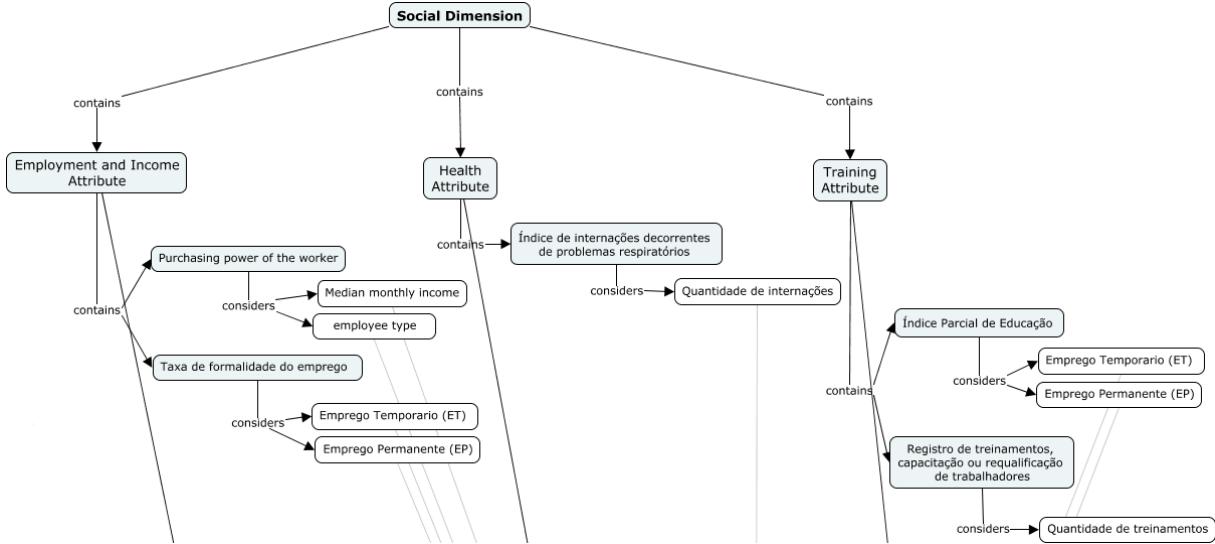


Figura 18 – Mapa conceitual - Social

isso, é importante refinar os indicadores para incluir a população externa à unidade produtiva que é afetada pelas práticas produtivas.

As Figuras 19 e 20 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.

A forneceu dados econômicos das principais usinas do estado de São Paulo, que permitiram definir a dimensão econômica das unidades produtivas na ontologia do domínio.

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

A Figura 21 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.

5.6 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,

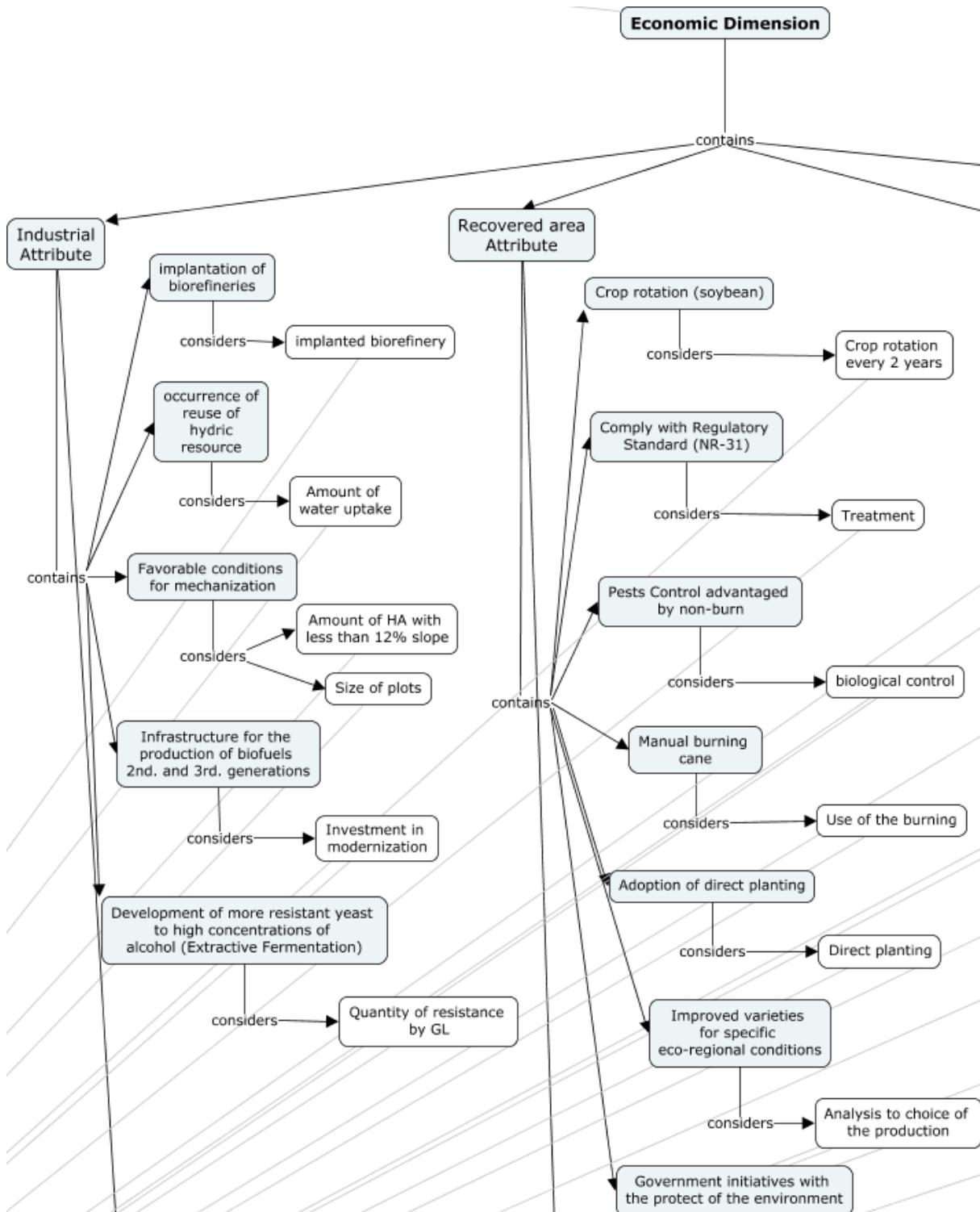


Figura 19 – Mapa conceitual - Dimensão Econômica primeira parte.

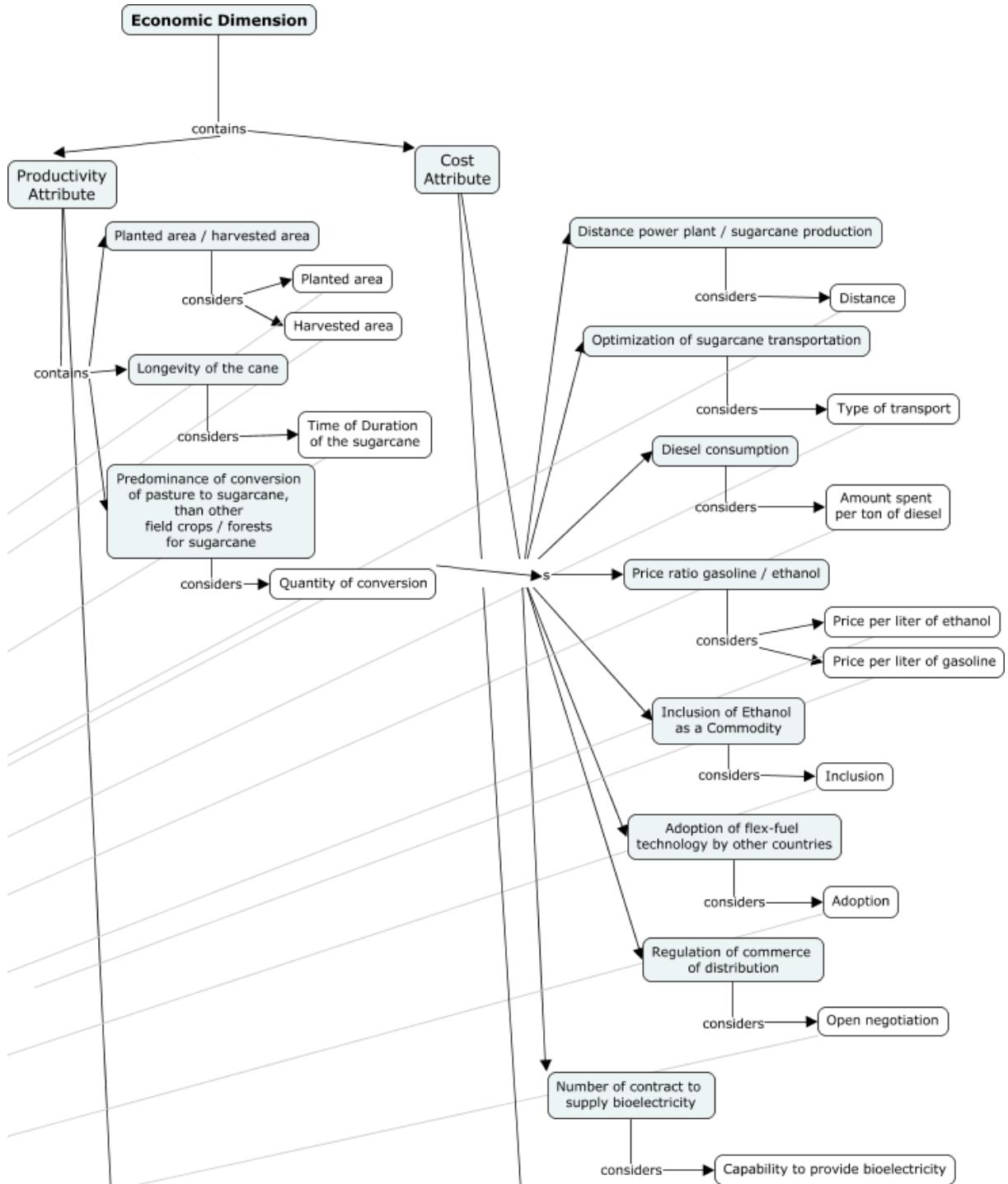


Figura 20 – Mapa conceitual - Dimensão Econômica segunda parte.

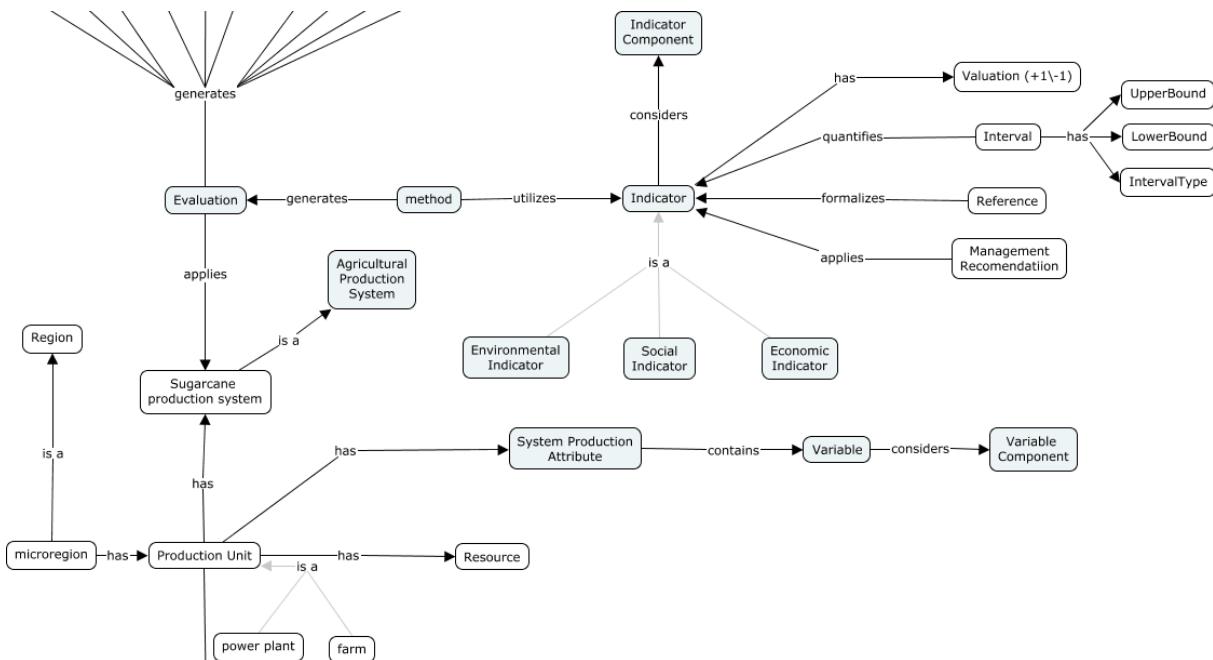


Figura 21 – Mapa conceitual - Método

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.
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:

- (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.

5.7 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”
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 pro-

grama. 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”
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 incluídos 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.

5.8 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:

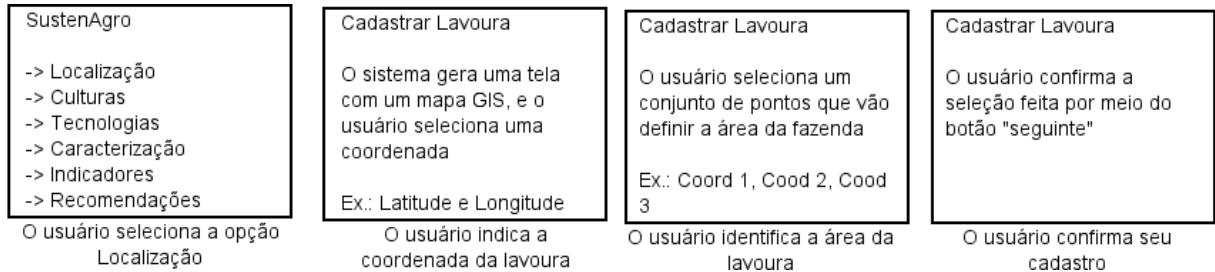
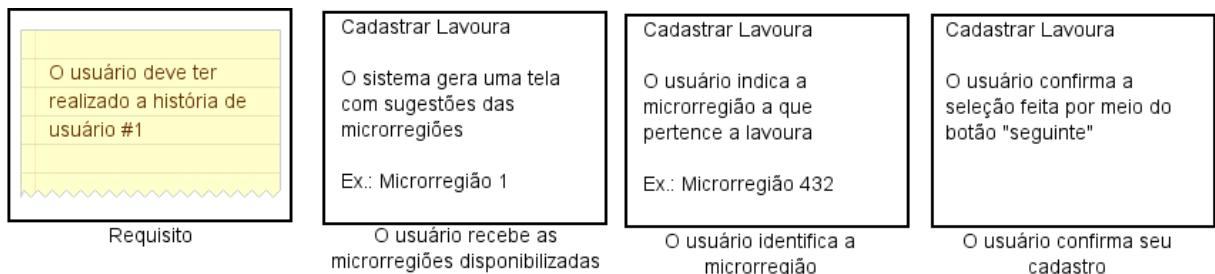
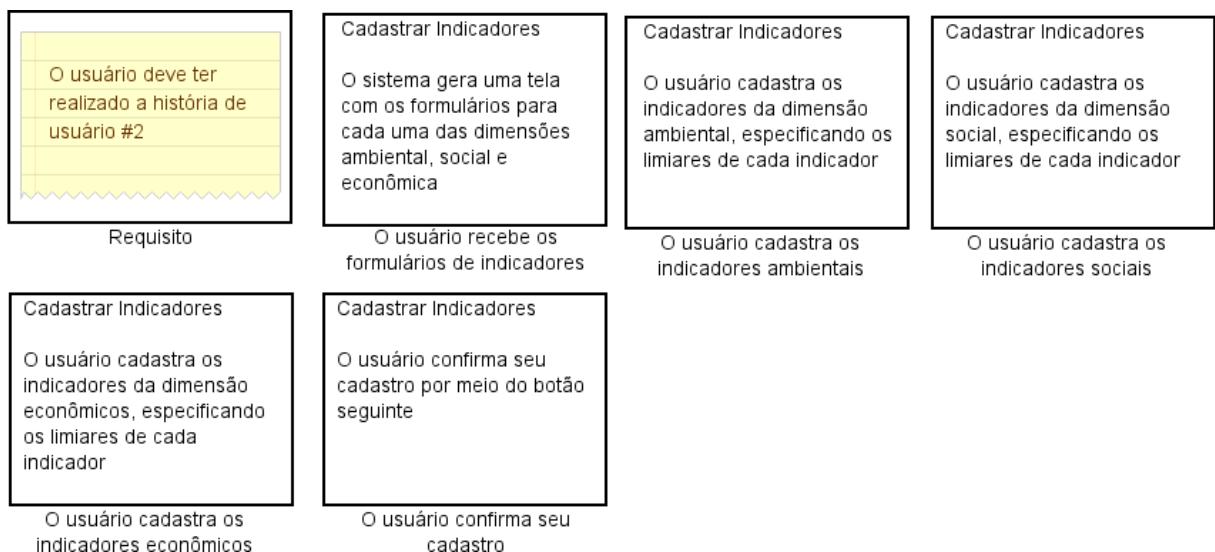
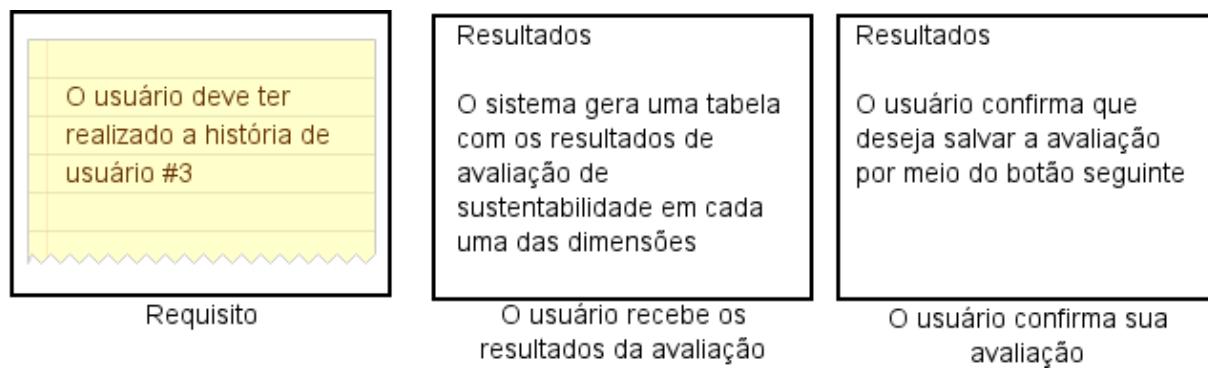
*Storyboard 1.**Storyboard 2.**Storyboard 3.*

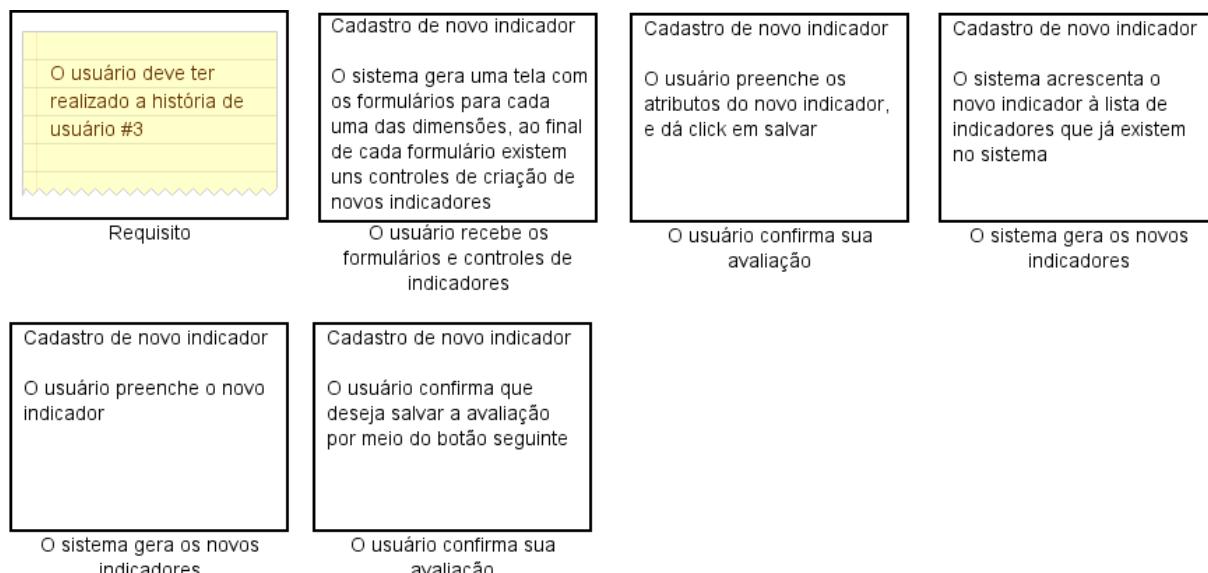
Figura 22 – Storyboards números 1–3.



StoryBoard 4.



StoryBoard 5.



StoryBoard 6.

Figura 23 – Storyboards números 4–6.



Figura 24 – Mockup da tela da Home Page do SustenAgro.

5.9 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 24 e 25 mostram algumas telas com desenhos dos Mockups que foram avaliados e validados pela equipe do projeto.

5.10 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 26 é apresentada a página inicial do protótipo.

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

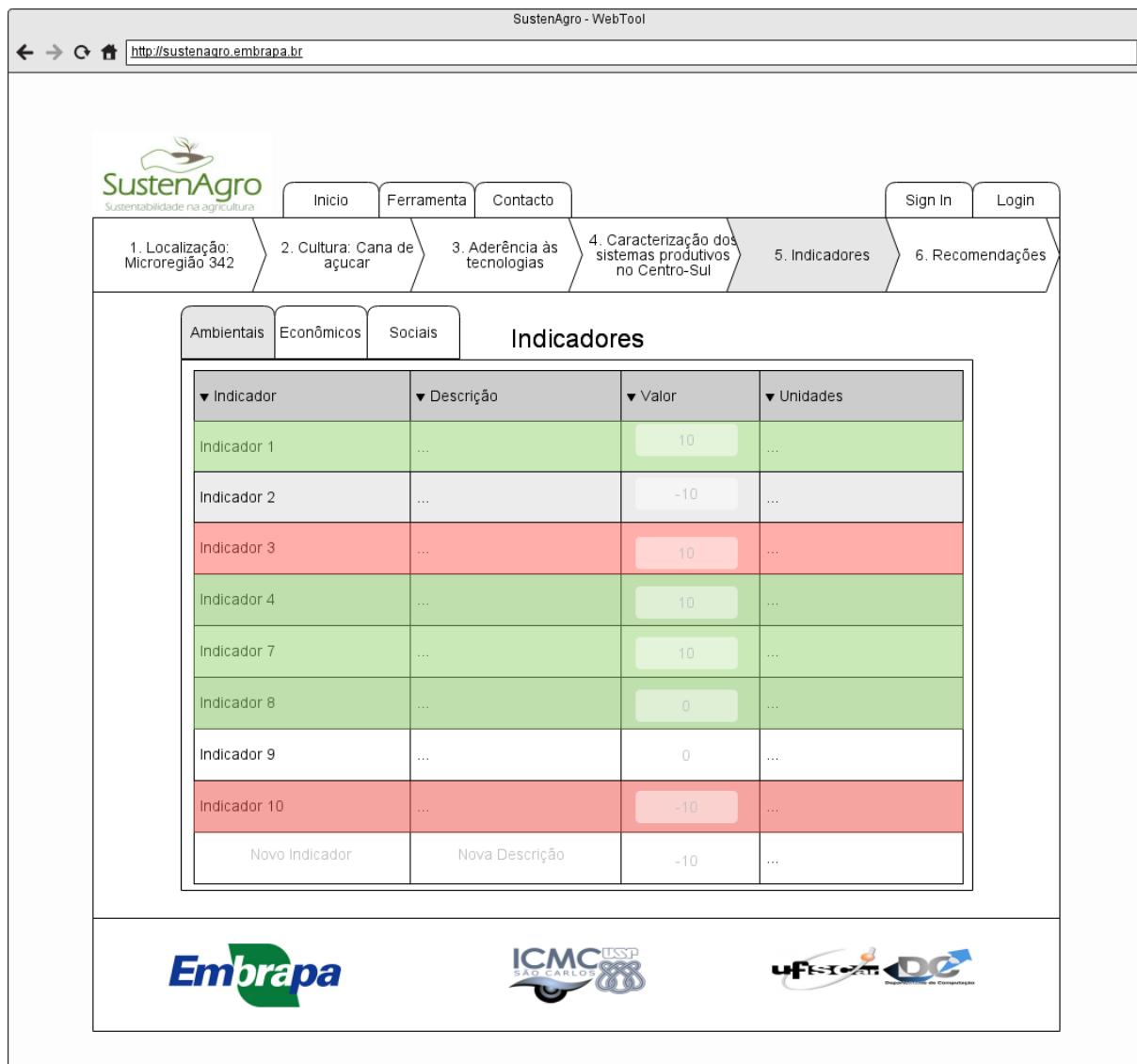


Figura 25 – Mockup da tela de indicadores do SustenAgro.

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 27, 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.

5.11 Características do sistema

Uma vez cadastrada a unidade produtiva/fazenda disponibiliza-se a opção de criar nova avaliação, ação que vai gerar a tela da figura 9 que permite visualizar as variáveis de eficiência e os indicadores para que os usuários preencham cada uma segundo a realidade da

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)

Figura 26 – Protótipo do SustenAgro – Home Page.

unidade produtiva em avaliação, cada indicador ou variável de eficiência tem várias opções que estão ligadas a valores que quantificam a sustentabilidade, esses valores estão definidos na ontologia da sustentabilidade e serão os valores de ingresso para a fórmula que vai gerar os índices da sustentabilidade.

A partir desses dados cadastrados são gerados os resultados do sistema que consistem na planilha de eficiência e custo, na planilha da sustentabilidade e o relatório do sistema, as planilhas permitem a visualizar os atributos das variáveis de eficiência e dos indicadores e a tela de relatório que apresenta a matrix de avaliação onde são relacionadas as variáveis de eficiência e de sustentabilidade, o relatório é apresentado na figura 10.

5.12 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 sus-

The screenshot shows the SustenAgro website's 'Indicadores' (Indicators) section. At the top, there is a navigation bar with links for 'Inicio', 'Ferramenta', 'Contato', 'Inicie sessão', and 'Cadastre-se'. Below the navigation, a horizontal menu bar includes 'Descrição', '1. Localização', '2. Caracterização', '3. Indicadores' (which is highlighted in blue), and '4. Recomendações'. A central modal window titled 'Indicadores! Por favor preencher as três dimensões dos indicadores, ambiental, econômica e social.' (Indicators! Please fill in the three dimensions of the indicators, environmental, economic and social.) contains tabs for 'Ambientais' (selected), 'Económicos', and 'Sociais'. Below these tabs is a table with one row, where '# 1' is selected. The table rows include '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 Catiônica – 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 K₂O por hectare por corte (PIRES; FERREIRA, 2008). Quanto aos nutrientes extraídos (requeridos) pela cultura de 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' (empty input field), and 'Unidades' (vinhaça/área). Below the table is a navigation bar with buttons for '«', '1' (highlighted in blue), '2', '3', '4', '5', and '»'. A link 'Cadastrar novo indicador' (Create new indicator) is located above the form fields. The form fields are labeled 'Nome', 'Descrição', 'Valor', and 'Unidades', each with an associated input field. Below the form is a 'Cadastrar' (Register) button and a 'Seguinte' (Next) button.

Figura 27 – Protótipo do SustenAgro - Indicadores.

The screenshot shows the SustenAgro platform interface. At the top, there is a navigation bar with the logo 'SustenAgro', links for 'Apresentação', 'Avaliação' (which is currently active), 'Administração', and 'Contato'. Below the navigation, there are dropdown menus for 'Farm' and 'Análises'. The main content area is divided into three sections: 'Manejo', 'Mecanização da cana', and 'Organização de produtores ou usinas'. Each section contains a list of options with radio buttons, a 'Peso' input field, and 'Justificativa' and 'Apaga' buttons.

| Section | Options | Peso | Justificativa | Apaga |
|--|--|-------------------------------------|---------------|-------|
| Manejo | <input checked="" type="radio"/> Preparo / plantio / manutenção do canavial (automatizados ou empregando sistemas de informação? Por ex sensoriamento remoto e agricultura de precisão) <input type="radio"/> Preparo / plantio / manutenção do canavial manual em função de restrições do tamanho da área e declividade <input type="radio"/> Preparo / plantio / manutenção do canavial manual em áreas aptas a mecanização <input type="radio"/> Preparo / plantio / manutenção do canavial usando mecanização | <input type="text" value="Direta"/> | | |
| Mecanização da cana | <input type="radio"/> Adequada – com redução de perdas visíveis e invisíveis <input type="radio"/> Com eficiência para o ambiente de produção – emprego de técnicas para reduzir a compactação do solo <input type="radio"/> Inadequada – aumento de custos de produção | <input type="text"/> | | |
| Organização de produtores ou usinas | <input type="radio"/> Não <input checked="" type="radio"/> Sim | <input type="text"/> | | |

Figura 28 – Cadastro das variáveis/indicadores

[Assessment](#)[Results](#)[Efficiency and cost spreadsheets](#)[Sustainability spreadsheets](#)[Assessmen](#)

Sustainability assessment

Environmental Dimension

| Indicator | Releva |
|--|--------|
| Absolute emissions of greenhouse gases (GEE) or associated gases | 3.0 |

Justification

| Indicator |
|--|
| Absolute emissions of greenhouse gases (GEE) or associated gases |

Index

| |
|---------------------|
| Environmental index |
|---------------------|

Economic Dimension

| Indicator |
|---|
| Have fuel stocks in order to regulate supply / demand and prices of ethanol (buffer stocks) |

tentabilidade nas fazendas e usinas e assim embasar e formalizar políticas públicas para 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.

A abordagem utilizada no desenvolvimento de SustenAgro é a definição de um sistema de avaliação da sustentabilidade baseado em ontologias que representam o conhecimento do sistema produtivo de cana-de-açúcar no centro-sul do Brasil, essa ontologia vai tomar a informação da pesquisa de [Cardoso \(2013\)](#) e dará suporte na indexação, recuperação e organização dos dados, o objetivo da ontologia é suportar o processo de avaliação da sustentabilidade pelo que terá conceitos do domínio do sistema produtivo de cana-de-açúcar e conceitos de sustentabilidade, esta ontologia suportará as funcionalidades do software que fazem possível o processo de avaliação e também será integrada com outra ontologia de interface gráfica para suportar uma DSL que permitirá definir interfaces gráficas customizadas para os usuários do sistema, estas tecnologias suportaram o processo de avaliação de sustentabilidade.

CAPÍTULO

6

Avaliação

Conclusões

Os resultados obtidos são:

1. Ontologia em formatos da web semântica (RDF/OWL) da avaliação da sustentabilidade no sistema de cana-de-açúcar.
2. Protótipo de ontologia de interfaces gráficas em formatos da web semântica (RDF/OWL)
3. Linguagem de domínio específico DSL, Decisioner, para definir e permitir administrar os parâmetros e processos do sistema SustenAgro
4. Protótipo de sistema de geração de interfaces suportado nas tecnologias da web semântica
5. Formulários para recolha de dados sobre sustentabilidade em cana-de-açúcar, e o processo de colheita dos dados de algumas usinas do estado de São Paulo
6. Protótipo do sistema web Sustenagro que integra as ontologias e a DSL, fornecendo um comportamento configurável em tempo de execução dos parâmetros, processos e das interfaces gráficas de usuário

Uma das finalidades deste projeto é construir um gerador de sistemas de apoio a decisão que consiga suportar outros domínios de conhecimento, propondo para a comunidade uma metodologia de desenvolvimento e manutenção que fique simples para os usuários finais e assim permitir que os especialistas no domínio façam as mudanças sem precisar dos especialistas de T.I.

7.1 Discussão

7.2 Trabalhos Futuros

Analisando os componentes e o desenvolvimento do Sistema SustenAgro, surgem ideias que permitem expandir o trabalho atual e propor projetos de investigação e desenvolvimento tecnológico, entre as possibilidades identificadas estão:

7.2.1 Editor de ontologias web focado no usuário especialista

No sistema SustenAgro foi integrado um editor de ontologias que é baseado no formato YAML de fácil legibilidade, com a finalidade de fornecer uma ferramenta web de fácil uso e acesso para que os usuários especialistas possam editar a ontologia do domínio, no caso de SustenAgro a ontologia de avaliação de sustentabilidade.

A partir de esta ferramenta é possível propor um editor online focado em especialistas do domínio, com a finalidade de facilitar a definição e edição de ontologias, o qual poderia estar composto pelas seguintes funcionalidades:

1. Editor textual do conhecimento do domínio do especialista
2. Editor de mapas conceituais que reuse informações do texto
3. Editor visual da ontologia que reuse os mapas conceituais e permita gerar o modelo hierárquico RDFS
4. Editor de regras e OWL
5. Editor de indivíduos
6. Publicação da ontologia em um repositório permanente

7.2.2 Linguagem de definição de SAD: Decisioner

No sistema SustenAgro, foi desenvolvida uma DSL que permite definir o comportamento de um SAD, no caso realizado foi o desenvolvimento de um sistema de avaliação de sustentabilidade, os conceitos foram abstraídos por meio da ontologia de SAD que permite identificar e modelar os conceitos gerais dos sistemas software de avaliação usados pela Embrapa Meio Ambiente, o que resultou em uma linguagem de propósito específico para o sistema SustenAgro e similares.

Esta linguagem pode ser validada, melhorada e expandida por meio da definição e desenvolvimento de outros SAD com propósitos similares, desenvolvimento continuado pelo sistema NanoTec Ram que permite a valiação do risco.

7.2.3 Linguagem de edição de VIEWS

Na geração de interfaces gráficas é necessário o gerenciamento e organização do conteúdo e das widgets (elementos de uma GUI) com a finalidade de fornecer uma representação visual que consiga informar um determinado assunto.

Atualmente na geração de VIEWS nos sistemas web, são usadas tecnologias feitas para os desenvolvedores web front-end que permitem a manipulação da estrutura do documento através de HTML, do estilo do documento através de CSS e do comportamento JS. Mas estes elementos estão focados na representação computacional dessas características, porem é possível propor outra maneira de representação em mais alto nível.

A proposta é de uma linguagem para edição de VIEWS, onde os elementos estejam modularizados permitindo abstrair a View em uma hierarquia de componentes relacionando-os semanticamente por meio de uma linguagem de alto nível de usuário não especialista em web development.

7.2.4 Organização de widgets por meio de Polymer

No desenvolvimento do Sistema SustenAgro, foram definidas 60 widgets que foram reusadas na definição de cada uma das vistas de SustenAgro, essas widgets estão definidas no formato de templates do framework Grails

7.2.5 Georeferenciação nos SAD

1. Recuperação dos dados dos repositórios FAO Linked Data e AGRIS referente aos locais que foram realizadas coletas de espécimes
 - a) Análise dos dados de baixa qualidade, ou seja, dados que não tem informações importantes, por exemplo, localidade e município
 - b) Verificação do número de dados imprecisos e exibição dos mesmos em um mapa
 - c) Verificação do número de dados que contém informações sobre local, latitude, longitude
 - d) Verificação da quantidade de dados que possuem informações de latitude e longitude antes e depois do uso de GPS por biólogos em coletas
2. Utilização de dados de fontes externas como Geonames, Wikimapia, DBpedia
3. Implementação de um método para agrupar todos os dados dos repositórios SpeciesLink e GBIF e realizar a resolução de topônimos utilizando técnicas de Recuperação de Informação Geográfica e ontologias
4. Aprimoramento das informações geográficas ausentes nos dados do SpeciesLink e GBIF

- a) Utilização dos dados referente aos repositórios externos para melhorar os registros das localidades dos repositórios SpeciesLink e GBIF
 - b) Criação um método para sumarizar as coordenadas geográficas de acordo com a abordagem da Lei de Linus
5. Verificação da quantidade de dados que tiveram suas informações aprimoradas
- a) Contagem dos dados que não contém informações sobre latitude, longitude e foram recuperados
 - b) Contagem dos dados que possui informações geográficas recuperadas e eram muito velhos, ou seja, antes do uso de GPS por biólogos em coletas
 - c) Análise dos resultados dos passos a) e b) anteriores utilizando o teste t de Student, para verificar o quão boa foi a abordagem utilizada
6. Mapeamento dos dados para uma *triplesstore* utilizando ontologias
- a) Definição das triplas em RDF que deveram possuir um sujeito, predicado e objeto para cada localidade.
 - b) Mapeamento de coordenadas geográficas para GeoSPARQL
7. Construção de uma base de teste com informações sobre qual consulta representa uma localidade
- a) Construção de consultas semânticas e verificação de resultados utilizando as medidas de precisão, revocação e F1
 - b) Realização da mesma abordagem do passo a) para os repositórios DBpedia e Geonames, com intuito de verificar a viabilidade para expansão de consultas
8. Desenvolvimento de uma interface que permita aos biólogos inserir dados no *Gazetteer* por meio de mapas
- a) Desenvolvimento de um método que permita aos biólogos inserir lugares usando GeoTAGS
 - b) Agrupamento dos dados inseridos e aprimoramento dos dados referentes a localidades que são similares.
 - c) Desenvolvimento de um método que permita aos biólogos inserirem links do DBpedia, quando os mesmos existirem, para auxiliar no crescimento da *Web of Data*.
 - d) Desenvolvimento de um método que permita aos biólogos verificarem a acurácia dos links sobre a DBpedia inseridos no *Gazetteer*

9. Verificação do número de lugares inseridos pelos usuários e qualidade dos dados
 - a) Verificação da média de usuários que concordam com as coordenadas geográficas
 - b) Verificação da média de usuários que concordam com as informações de *Linked Open Data* presentes no *Gazetteer*
 - c) Verificação da quantidade de dados que tiveram suas informações aprimoradas

7.2.6 Desenvolver um framework para geração das interfaces usuário-computador geral para SAD.

7.2.7 Fornecer um sistema de classificação e busca de controles de interfaces usuário-computador

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.

Organizacional pela equipe

Interesse heterogêneos por parte da USP e da Embrapa

Referências

- ALLEMANG, D.; HENDLER, J. *Semantic Web for the Working Ontologist: Effective Modeling in RDFS and OWL*. Elsevier Science, 2011. ISBN 9780123859662. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=_qGKPOLB1DgC>. (Citado nas páginas 24 e 50.)
- BELLEN, H. M. V. *Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa*. [S.l.]: FGV editora, 2005. (Citado nas páginas 83 e 97.)
- BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The semantic web. *Scientific American*, v. 284, n. 5, p. 34–43, maio 2001. Disponível em: <<http://www.sciam.com/article.cfm?articleID=00048144-10D2-1C70-84A9809EC588EF21>>. (Citado na página 22.)
- BOSELEY, B.; CASU, R. E. et al. Development of an ontology to aid sugarcane research. In: AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS. *Proceedings of the 2009 Conference of the Australian Society of Sugar Cane Technologists held at Ballina, New South Wales, Australia, 5-8 May 2009*. [S.l.], 2009. p. 250–255. (Citado na página 85.)
- BOSSEL, H. *Indicators for sustainable development: theory, method, applications*. [S.l.]: International Institute for Sustainable Development Winnipeg, 1999. (Citado na página 97.)
- BRILHANTE, V. et al. Information integration through ontology and metadata for sustainability analysis. In: *Proc. of the 3rd biennial meeting of the International Environmental Modelling and Software Society*. [S.l.: s.n.], 2006. (Citado nas páginas 18 e 84.)
- BRUNDTLAND, G. et al. Our common future: Report of the 1987 world commission on environment and development. *United Nations, Oslo*, p. 1–59, 1987. (Citado nas páginas 83 e 92.)
- BURTON, I. Report on reports: Our common future. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, v. 29, n. 5, p. 25–29, 1987. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00139157.1987.9928891>>. (Citado na página 83.)
- CAMINO; MÜLLER. *Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales: bases para establecer indicadores*. [S.l.]: IICA Biblioteca Venezuela, 1993. (Citado na página 97.)
- CARDOSO, B. O. *Avaliação da sustentabilidade de sistemas de produção da cana-de-açúcar no estado de São Paulo: uma proposta metodológica e de modelo conceitual*. [S.l.: s.n.], 2013. (Citado nas páginas 12, 48, 50, 69, 85, 89 e 92.)
- EHLERS, E. *Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma*. [S.l.]: Livros da terra, 1996. (Citado na página 83.)
- EWERT, F. et al. A methodology for enhanced flexibility of integrated assessment in agriculture. *Environmental Science & Policy*, v. 12, n. 5, p. 546 – 561, 2009. ISSN 1462-9011. Integrated Assessment of Agricultural and Environmental Policies – concepts and tools. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901109000409>>. (Citado na página 19.)

- FERRAZ, J. M. G. As dimensões da sustentabilidade e seus indicadores. *Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas*, 2003. (Citado na página 97.)
- FILHO, R. D.; ZERBINI, N. J. Critérios e indicadores para a sustentabilidade da floresta amazônica: o processo de tarapoto. *Brasil Florestal*, v. 71, p. 42–48, 2001. (Citado na página 91.)
- FOWLER, M. *Domain-specific languages*. [S.l.]: Pearson Education, 2010. (Citado na página 28.)
- GALLOPÍN, G. C. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. a systems approach. *Environmental modeling & assessment*, Springer, v. 1, n. 3, p. 101–117, 1996. (Citado na página 97.)
- GLIESSMAN, S. R. *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. [S.l.]: Ed. da Univ. Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2001. (Citado nas páginas 83 e 95.)
- HEINZLE, R.; GAUTHIER, F. A. O.; FIALHO, F. A. P. Semântica nos sistemas de apoio a decisão: o estado da arte. *Revista Da Unifebe Vers\ ao Eletrônica*, 2010. (Citado nas páginas 15, 36 e 37.)
- HORRIDGE, M.; BECHHOFER, S. The owl api: A java api for owl ontologies. *Semantic Web*, IOS Press, v. 2, n. 1, p. 11–21, 2011. (Citado na página 24.)
- ITTERSUM, M. K. V. et al. Integrated assessment of agricultural systems—a component-based framework for the european union (seamless). *Agricultural systems*, Elsevier, v. 96, n. 1, p. 150–165, 2008. (Citado na página 83.)
- JONG, E. de. Software architecture for large control systems: A case study description. In: *Coordination Languages and Models*. [S.l.]: Springer, 1997. p. 150–156. (Citado na página 16.)
- JUDD, C. M.; NUSAIRAT, J. F.; SHINGLER, J. Beginning groovy and grails. *New York: Appres*, Springer, 2008. (Citado na página 32.)
- JÚNIOR, S. A. M. B. Sistemas de apoio à decisão. *Urcamp-Brasil.*, v. 20, 2006. (Citado nas páginas 6, 15 e 16.)
- KOENIG, D. et al. *Groovy in action*. [S.l.]: Manning, 2007. v. 91. (Citado na página 32.)
- KRAINES, S.; GUO, W. A system for ontology-based sharing of expert knowledge in sustainability science. *Data Science Journal*, CODATA, v. 9, p. 107–123, 2011. (Citado nas páginas 17, 19 e 51.)
- LIANG, A. et al. 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*, v. 0, n. 0, 2006. ISSN 1939-1366. Disponível em: <<http://dcpapers.dublincore.org/pubs/article/view/841>>. (Citado nas páginas 36 e 84.)
- LINHALIS, F; FORTES, R. de M.; MOREIRA, D. de A. Ontomap: an ontology-based architecture to perform the semantic mapping between an interlingua and software components. *Knowledge and Information Systems*, Springer-Verlag, v. 22, n. 3, p. 319–345, 2010. ISSN 0219-1377. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10115-009-0197-z>>. (Citado na página 17.)

- LU, J. et al. The application of semantic web technologies for railway decision support. In: *Intelligent Decision-making Support Systems*. [S.l.]: Springer, 2006. p. 321–337. (Citado na página 15.)
- MCGUINNESS, D. L.; HARMELEN, F. V. et al. Owl web ontology language overview. *W3C recommendation*, v. 10, n. 10, p. 2004, 2004. (Citado na página 26.)
- MERNIK, M.; HEERING, J.; SLOANE, A. M. When and how to develop domain-specific languages. *ACM Comput. Surv.*, ACM, New York, NY, USA, v. 37, n. 4, p. 316–344, dez. 2005. ISSN 0360-0300. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1118890.1118892>>. (Citado na página 28.)
- MORET, A.; RODRIGUES, D.; ORTIZ, L. Critérios e indicadores de sustentabilidade para bioenergia. *GT Energia do Fórum Brasileiro de ONGs e Movimentos Sociais para o Meio Ambiente e Desenvolvimento*. Brasília, p. 1–11, 2006. (Citado na página 97.)
- NOY, N. F; MCGUINNESS, D. L. et al. *Ontology development 101: A guide to creating your first ontology*. [S.l.]: Stanford knowledge systems laboratory technical report KSL-01-05 and Stanford medical informatics technical report SMI-2001-0880, 2001. (Citado na página 24.)
- OLSSON, J. A. et al. A goal oriented indicator framework to support integrated assessment of new policies for agri-environmental systems. *Environmental Science & Policy*, v. 12, n. 5, p. 562 – 572, 2009. ISSN 1462-9011. Integrated Assessment of Agricultural and Environmental Policies – concepts and tools. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901109000446>>. (Citado nas páginas 18, 50 e 84.)
- ONU. The future we want. *Technical Report of United Nations Conference on Sustainable Development, Brazil*, 2012. (Citado na página 83.)
- PAHL, C. An ontology for software component matching. *International Journal on Software Tools for Technology Transfer*, Springer-Verlag, v. 9, n. 2, p. 169–178, 2007. ISSN 1433-2779. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10009-006-0015-9>>. (Citado na página 17.)
- PATEL-SCHNEIDER, P. F. Building the semantic web tower from rdf straw. In: *In Proc. of the 19th Int. Joint Conf. on Artificial Intelligence (IJCAI 2005*. [S.l.: s.n.], 2005. (Citado na página 24.)
- PAULHEIM, H.; PROBST, F. Ontology-enhanced user interfaces: A survey. *Semantic-Enabled Advancements on the Web: Applications Across Industries: Applications Across Industries*, IGI Global, p. 214, 2012. (Citado nas páginas 18 e 35.)
- R AGOSTINHO F, O. E. S. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. *Ambiente & sociedade*, SciELO Brasil, v. 10, n. 2, p. 137–148, 2007. (Citado nas páginas 95 e 97.)
- ROUSSEY, C. et al. Ontologies in agriculture. In: *AgEng 2010, International Conference on Agricultural Engineering*. [S.l.: s.n.], 2010. (Citado nas páginas 36 e 84.)
- RUIZ, F; HILERAS, J. R. Using ontologies in software engineering and technology. In: *Ontologies for software engineering and software technology*. [S.l.]: Springer, 2006. p. 49–102. (Citado nas páginas 18 e 35.)

- RUSHER, J. Triple store. In: *Workshop on Semantic Web Storage and Retrieval-Position Paper*. [S.l.: s.n.], 2003. (Citado na página 36.)
- SCHWABER, K.; BEEDLE, M. gilé software development with scrum. 2002. (Citado na página 40.)
- SEI, S. Views and beyond architecture documentation template. 2006. (Citado na página 16.)
- SHIM, J. et al. Past, present, and future of decision support technology. *Decision Support Systems*, v. 33, n. 2, p. 111 – 126, 2002. ISSN 0167-9236. Decision Support System: Directions for the Next Decade. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923601001397>>. (Citado na página 11.)
- SIMON, H. A. *The architecture of complexity*. [S.l.]: Springer, 1991. (Citado nas páginas 11 e 50.)
- SINGH, R. K. et al. An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, v. 15, n. 1, p. 281 – 299, 2012. ISSN 1470-160X. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X11000240>>. (Citado na página 11.)
- SMITH, B. et al. The obo foundry: coordinated evolution of ontologies to support biomedical data integration. *Nat Biotech*, Nature Publishing Group, v. 25, n. 11, p. 1251–1255, nov 2007. ISSN 1087-0156. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/nbt1346>>. (Citado na página 23.)
- SOUZA, R. R.; ALVARENGA, L. A web semântica e suas contribuições para a ciência da informação. *Ciência da Informação, Brasília*, SciELO Brasil, v. 33, n. 1, p. 132–141, 04 2004. ISSN 0100-1965. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19652004000100016&nrm=iso>. (Citado na página 21.)
- SUGUMARAN, V.; GULLA, J. A. *Applied semantic web technologies*. [S.l.]: CRC Press, 2011. (Citado na página 25.)
- TORQUATO, K. R. E. d. J. & C. R. B. Z. S. A. Inovações no sistema de produção de cana-de-açúcar: uma contribuição do protocolo agroambiental para a região de piracicaba, estado de são paulo. *Informações Econômicas*, v. 45, n. 2, p. 10, 2015. (Citado na página 11.)
- WILSON, J.; TYEDMERS, P; PELOT, R. Contrasting and comparing sustainable development indicator metrics. *Ecological Indicators*, v. 7, n. 2, p. 299 – 314, 2007. ISSN 1470-160X. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X06000215>>. (Citado na página 17.)
- ZAMPIERI, S. L. et al. Método para seleção de indicadores de sustentabilidade e avaliação dos sistemas agrícolas do estado de santa catarina. Florianópolis, SC, 2003. (Citado na página 97.)

Sustentabilidade

Não existe um consenso sobre a definição de sustentabilidade, mas uma definição orientadora para os fins do presente projeto 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 [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.

A duplicação da demanda global de alimentos projetadas para os próximos 50 anos, impõe enormes desafios para a produção mundial de alimentos, por isso são necessários novos incentivos e políticas para garantir a sustentabilidade em agricultura, a través da geração de estratégias que permitam conhecer o estado dos sistemas produtivos e melhorar segundo as necessidades identificadas.

Segundo [Ittersum et al. \(2008\)](#) os sistemas agrícolas evoluem continuamente e são afetados por uma gama de forças globais e locais, os aspectos que mais influenciam na sustentabilidade da agricultura são os tecnológicos e políticos, permitindo identificar e melhorar diversos aspectos da produção agrícola.

Uma estratégia para quantificar a sustentabilidade são a definição métodos e metodologias de avaliação, as quais utilizam indicadores, um exemplo deste enfoque é exposto por [Olsson et al. \(2009\)](#) que desenvolveu 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.

Existem pesquisas que abordam a sustentabilidade a través de ferramentas tecnológicas, as quais podem servir de referência ao sistema SustenAgro, uma delas foi desenvolvida por [Brilhante et al. \(2006\)](#) e consiste em um *framework* (MOeMA-IS) para análise sustentável do estado do Amazonas, que usa 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 indicadores, seu desenvolvimento foi feito de uma maneira genérica de forma que ela suporta a inclusão de novos indicadores de forma simples, esta ontologia foi feita em dois níveis de hierarquia, 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 *triple-stores*) e as medidas e valores padrões de outra base e assim o *framework* calcula as médias dos indicadores e dá um resultado relevante ao tipo de necessidade. Para o desenvolvimento da ontologia foi utilizada a ferramenta *Protégé* utilizando o plug-in de OWL e alguns indicadores foram feitos utilizando a classe do SUMO do OWL.

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 FAO *Food and Agriculture Organization*, estes termos podem ser reutilizados nas ontologias ([LIANG et al., 2006](#)), permitindo uma padronização com os identificadores dos conceitos, reutilizando informações e integrando os conceitos com outros dados da LOD Linked Open Data, esta reutilização foi feita através da vinculação de 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 internet e da web semântica na criação de soluções baseadas em conhecimento, isto é confirmado por [Roussey et al. \(2010\)](#) por meio da descrição de como as ontologias têm sido usadas para múltiplas tarefas, uma das quais é conseguir interoperabilidade entre sistemas de informação heterogêneos e como as seguintes gerações de sistemas de informação utilizariam uma base do conhecimento do domínio, dadas as afirmações destas pesquisas pode-se deduzir que uma ontologia proporciona o suporte conceitual para cumprir os requisitos do sistema

¹ <http://aims.fao.org/agrovoc>

SustenAgro.

A pesquisa feita por [Boseley, Casu et al. \(2009\)](#), apresenta um exemplo de como unificar termos de plantas e organizá-los em uma maneira sistemática é fundamental para mais eficiência nas pesquisas e descobertas, para este fim, a *Plant Ontology* foi criada como uma iniciativa do *Plant Ontology Consortium*, esta ontologia é um vocabulário controlado de termos usados para dados de atributos (por exemplo, genótipo e fenótipo) para uma estrutura específica da planta ou um estagio de desenvolvimento.

A.1 Dados fornecidos pela Unidade de Meio Ambiente da Embrapa

A principal fonte de dados para este projeto foi fornecida pela pesquisa de [Cardoso \(2013\)](#), onde inicialmente foram identificados 62 indicadores de sustentabilidade no sistema de cana-de-açúcar, dos quais foram aceitos 39 indicadores como os mais relevantes tendo uma validação com porcentagem maior ou igual a 60% feita por uma comunidade de especialistas em sustentabilidade.

A seguintes tabelas mostram os indicadores resultantes, os quais foram classificados nas três dimensões da sustentabilidade.

Os indicadores da tabela 1 representam os valores críticos da dimensão ambiental integrando fenômenos do solo, dos recursos hídricos e climáticos, os quais permitem caracterizar, quantificar e comparar o estado da dimensão ambiental de uma unidade produtiva com outras.

| Indicadores da dimensão ambiental |
|--|
| Quantificação da erosão potencial segundo a Equação Universal de Perda de Solo (USLE – Universal Soil Loss Equation) |
| Compactação do solo |
| Ocorrência de queimada de palha no campo |
| Emissão e suspensão de micropartículas (fuligem) |
| Localização geográfica da cultura em relação à aptidão agroclimática |
| Localização geográfica da cultura em relação à aptidão edáfica |
| Localização geográfica da cultura em relação à aptidão edafoclimática |
| Áreas de Preservação Permanente (APP) recuperadas/conservadas |
| Comprovação de averbação da área de Reserva Legal |
| Cumprimento com os Termos de Compromisso de Recuperação Ambiental |

Tabela 1 – Indicadores de sustentabilidade de SustenAgro na dimensão ambiental

Os indicadores da tabela 2 representam os valores críticos da dimensão social integrando fenômenos de emprego, saúde e treinamento, os quais permitem caracterizar, quantificar e comparar o estado da dimensão social de uma unidade produtiva com outras.

| Indicadores da dimensão social |
|--|
| Poder de compra do trabalhador |
| Taxa de formalidade do emprego |
| Índice Parcial de Educação |
| Índice de internações decorrentes de problemas respiratórios |
| Registro de treinamentos, capacitação ou requalificação de trabalhadores |

Tabela 2 – Indicadores de sustentabilidade de SustenAgro na dimensão social

Os indicadores da tabela 3 representam os valores críticos da dimensão econômica integrando fenômenos de emprego, saúde e treinamento, os quais permitem caracterizar, quantificar e comparar o estado da dimensão social de uma unidade produtiva com outras.

Cada um dos anteriores indicadores foram definidos com um conjunto de pelo menos um componente de indicador, estes componentes permitem quantificar por meio de uma variável quantitativa o estado do indicador, os quais estão definidos em termos do domínio que são de fácil interpretação pelas pessoas relacionadas com sustentabilidade em agricultura.

A.2 Considerações finais

Os dados e especificações fornecidos pela Embrapa Meio Ambiente e pela APTA conseguiram explicar o conceito de avaliação de sustentabilidade segundo a visão da Embrapa Meio Ambiente, mas a complexidade envolvida requereu identificar um tipo de que permita representar cada um dos conceitos necessários que compõem o processo de avaliação da sustentabilidade.

Dito KOS precisa ser flexível e de fácil uso para conseguir se adaptar às mudanças do domínio, devido a que durante o processo de modelagem avalia a coerência dos dados, permitindo assim melhorar as especificações de dito domínio.

| Indicadores da dimensão econômica |
|--|
| Indicadores Agrícola/Industrial |
| Implantação de biorrefinarias |
| Rotação de cultura (soja) |
| Área planta/Área colhida |
| Atender à Norma Regulamentadora (NR-31) |
| Longevidade da cana |
| Distância usina/produção de cana |
| Controle de pragas favorecidas pela não-queima |
| Cana queimada manual |
| Adoção do plantio direto |
| Predominância da conversão de pastagem em cana-de-açúcar, do que outras culturas/florestas em cana-de-açúcar |
| Ocorrência de reutilização de recursos hídricos |
| Condições favoráveis à mecanização |
| Otimização do transporte da cana |
| Consumo de diesel |
| Variedades melhoradas para condições eco regionais mais específicas |
| Indicadores Produtos/Subprodutos |
| Relação preço gasolina/etanol |
| Inclusão do Etanol como Commodity |
| Adoção da tecnologia flex-fuel por outros países |
| Regulação de comércio de distribuição |
| Número de contrato para fornecer bioeletricidade |
| Infraestrutura para a produção de biocombustíveis de 2 ^a . e 3 ^a . gerações |
| Indicadores Tecnológicos |
| Desenvolvimento de leveduras mais resistentes a concentrações elevadas de álcool (Fermentação Extrativa) |
| Indicadores Políticos |
| Iniciativas do poder público com a proteção ao ambiente |

Tabela 3 – Indicadores de sustentabilidade de SustenAgro na dimensão econômica

Método SustenAgro de 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 ao desenvolvimento do projeto Sustenagro.

Dada a importância da sustentabilidade, especialmente nos sistemas de produção agrícola, têm sido desenvolvidas varias metodologias para avaliar o estado desses sistemas, existindo varias tendências segundo o sistema produtivo e o contexto deles.

O projeto SustenAgro foi planejado e liderado pela Embrapa Meio Ambiente, as características dele são descritas nas figuras [30](#) e [31](#), o desenvolvimento abordou o caso específico do sistema produtivo de cana-de-açúcar no contexto do centro-sul do Brasil que envolve elementos e metodologias de avaliação da sustentabilidade em agricultura ([CAR-DOSO, 2013](#)), que são apresentados a continuação.

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*.

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

Coordenação
Dra. Kátia Regina Evaristo de Jesus
Katia.Jesus@embrapa.br
Embrapa Meio Ambiente
Caixa postal 69
CEP 13820-000 Jaguariúna/SP
www.capma.embrapa.br

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);
- Agencia paulista de tecnologia dos agronegócios Pólo Centro Sul/DDD/APTA – UPD Tietê APTA/SP,
- Instituto de Economia Agrícola (IEA).

SustenAgro
Sustentabilidade na agricultura

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

Embrapa Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento **BRASIL** PAÍS BEM E FAZ BEM PRA BRASIL

Figura 30 – 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 (painéis). |
| Esta nova proposta metodológica será desenvolvida através da seleção / formulação de indicadores de sustentabilidade. | Validação do Método SustenAgro... | Recorte do Projeto |
| Serão formulados indicadores nas dimensões ambiental, social e econômica que serão levantados a partir de dados secundários (literatura especializada, banco de dados consagrados, outros projetos da Embrapa que tratam do mesmo tema). | 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. | • 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. | Apoio Financeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa |

Figura 31 – Descrição do projeto SustenAgro

B.1 Critérios de sustentabilidade

São variáveis transversais quantitativas e qualitativas, que são monitoradas regularmente para determinar os efeitos das atividades de intervenção ou não-intervenção do sistema em avaliação [Filho e Zerbini \(2001\)](#), que estabelecem 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 pela equipe de especialistas são:

- Produtividade: Relacionado a eficiência e custos.
- Estabilidade: Capacidade do ecossistema de absorver perturbações e permanecer inalterado (CEPAL/PNUMA, 1994) ??, Apud)]moura2002indicadores
- Equidade: Distribuição dos produtos do agroecossistema entre produtores e consumidores (Dias Junior, 2000) ??, Apud)]moura2002indicadores



- Resiliência: Capacidade do ecossistema de retornar ao estado original após de uma perturbação (CEPAL/PNUMA, 1994) (??, Apud)]moura2002indicadores
- Autonomia: Grau de integração entre as partes constituintes do agroecossistema e o ambiente externo no fluxo de materiais, energia e informação (Fernández, 1995) (??, Apud)]moura2002indicadoresAutonomia: 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)]moura2002indicadores

Esses critérios guiam o desenvolvimento dos conceitos mais relevantes das metodologias de avaliação de sustentabilidade, os indicadores, e assim determinar instrumentos de medição que representem os aspectos críticos do sistema em termos de 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 [Cardoso \(2013\)](#) onde são definidas seis dimensões da sustentabilidade: Ambiental, Social, Agrícola/Industrial, Produtos/Subprodutos, Tecnológica e Política.

No caso do sistema SustenAgro determinou-se 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 32 representa as três dimensões com a sustentabilidade como a interseção entre elas.

¹ 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 são formulados para garantir as diretrizes no levantamento e validação dos indicadores, e assim ter um modelo da sustentabilidade dos 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

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

The Three Spheres of Sustainability

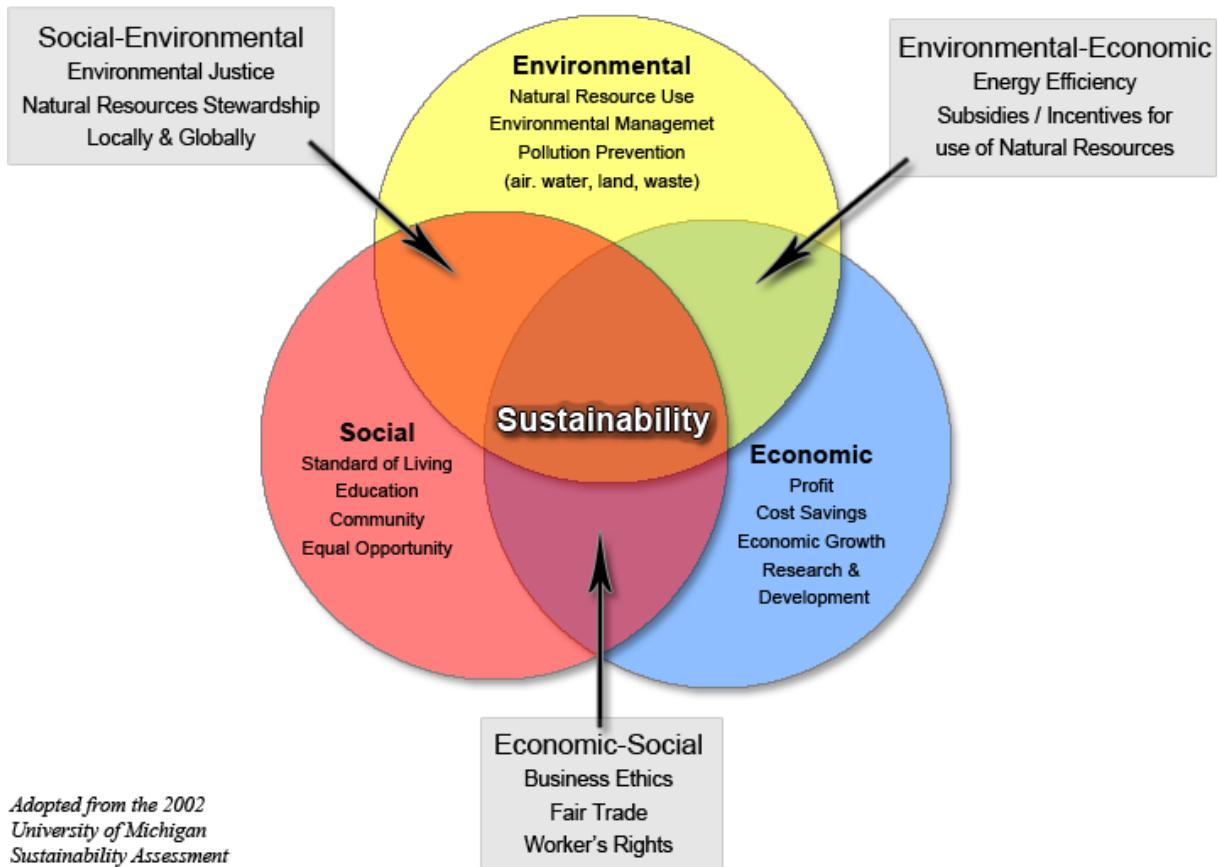


Figura 32 – Dimensões da sustentabilidade

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 foram aplicados nos modelos do sistema SustenAgro como contendores 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.

Indicadores de Sustentabilidade

C.1 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 ([RAGOSTINHO F, 2007](#))

No projeto SustenAgro os índices serão dados numéricos gerais 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.

C.2 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 do 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 aportam que determinada característica, produto, ou serviço, está dentro do que for considerado sustentabilidade, serão os pontos mínimo e máximo aceitáveis na amplitude da 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 de 50 quilômetros até a indústria. 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.

C.3 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 signifi-

cativas e aparentes, a fim de melhorar o processo de entendimento e comunicação([BOSSEL, 1999; BELLEN, 2005](#)).

De acordo com ([GALLOPÍN, 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 é refletir as alterações nas propriedades fundamentais de um sistema [Camino e Müller \(1993\)](#) e advertir sobre eventuais perturbações potenciais. ([FERRAZ, 2003](#))

Normalmente um indicador é utilizado como um pré-tratamento aos dados originais [R Agostinho F \(2007\)](#). Indicadores são parâmetros que podem ser utilizados como medida do cumprimento dos critérios ([MORET; RODRIGUES; ORTIZ, 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; MÜLLER, 1993](#)). Não há indicadores universais, pois eles podem variar segundo o problema ou objetivo da análise.

Enquanto às características desejáveis para um bom indicador, deve-se ter uma boa definição da fonte dos dados base para o levantamento, possibilidade de calibração, 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 refletem 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
- x. A construção do indicador deve observar parâmetros politicamente corretos.

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 desenvolvimento do método SustenAgro são:

- i. Risco climático;
- ii. Diversidade de culturas anuais;
- iii. Tipo de solo;
- iv. Risco de deficit hídrico;
- v. Produtividade da terra;
- vi. Renovabilidade energética nos sistemas de produção;
- vii. Balanço de nutrientes (nitrogênio e fósforo);
- viii. 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 é aplicável nesse contexto, no caso de quer aplicar o sistema de avaliação da sustentabilidade em outro contexto é necessário mudar os indicadores a cada contexto específico.

Instalação

A instalação dos Sistemas Decisioner e SustenAgro divide-se em dois processos, a configuração do servidor web e o deploy do arquivo WAR, a continuação são descritos ambos processos:

D.1 Configuração do servidor.

Esta fase do processo consiste em instalar as tecnologias Java, Apache Tomcat, WkHtmltoPdf e a triplestore Blazegraph, em um servidor baseado em linux, atualmente o sistema foi configurado e testado em uma maquina virtual com Ubuntu 14.04, Java OpenJDK 8, Apache Tomcat, WkHtmltoPdf 0.12.3 e a triplestore Blazegraph 2.1.0, a instalação destas tecnologias segue uma orientação padrão que sera descrita a continuação:

D.1.1 Instalação do Java:

Segundo a documentação de Java OpenJDK, a instalação é realizada por meio do comando:

```
sudo apt-get update  
sudo apt-get install openjdk-8-jre
```

D.1.2 Instalação do Apache Tomcat

A instalação do Apache Tomcat depende da instalação do Java 8, e o Tomcat versão 7 para suportar a compatibilidade do War gerado, isto é documentado no site¹ do framework Grails, que exige uma versão 7 de Apache Tomcat para suportar o deploy dos arquivos war.

¹ <https://grails.org/wiki/Deployment>

O processo de instalação consiste em fazer download dos arquivos binários, extrair eles em /opt/tomcat/, exportar as variáveis de entorno e executar o Web Server, o código é mostrado a continuação:

```
wget http://www-eu.apache.org/dist/tomcat/tomcat-7/v7.0.70/bin/
apache-tomcat-7.0.70.tar.gz
```

```
tar xvzf apache-tomcat-7.0.70.tar.gz -C /opt/tomcat
```

```
sudo /opt/tomcat/bin/startup.sh
```

Configurar users de Tomcat em: /opt/tomcat/conf/tomcat-users.xml e acrescentar os Rol e User

```
<role rolename="manager-gui"/>
<user username="admin" password="s3cr3t" roles="manager-gui"/>
```

Depois disso, é registrado no final do arquivo ~/.bashrc os próximos dois comandos que definem as variáveis de entorno

```
export JAVA_HOME=/usr/lib/jvm/java-1.8.0-openjdk-amd64
export CATALINA_HOME=/opt/tomcat
```

Finalmente executar o comando

```
sudo /opt/tomcat/bin/startup.sh
```

e verificar a execução do programa na url /manager do domínio do servidor

D.1.3 Instalação do WkHtmltoPdf

A tecnologia WkHtmltoPdf permite converter páginas web em formato Html a Pdf, esta ferramenta suporta a funcionalidade de gerar os reportes em formato Pdf, a instalação consistem em fazer download dos arquivos binários e a configuração de um X Server Virual para suportar o renderizado, os comandos são mostrados a continuação:

```
wget http://download.gna.org/wkhtmltopdf/0.12/0.12.3/
wkhtmltox-0.12.3_linux-generic-amd64.tar.xz
```

```
tar xf wkhtmltox-0.12.3_linux-generic-amd64.tar.xz
```

```
cp wkhtmltox/bin/wkhtmltopdf /usr/local/bin/wkhtmltopdf
```

```
sudo chmod a+x /usr/local/bin/wkhtmltopdf
```

```
sudo apt-get install openssl build-essential xorg libssl-dev
```

Depois disto é criado um script wkhtmltopdf.sh em /usr/local/bin/ e contem o seguinte comando:

```
xvfb-run -a -s "-screen 0 640x480x16" wkhtmltopdf "$@"
sudo chmod a+x /usr/local/bin/wkhtmltopdf.sh
```

Com o comando wkhtmltopdf.sh é possível converter a pdf desde um sistema sem X11

Instalação da Triplestore Blazegraph

A instalação do Blazegraph consiste em fazer download do arquivo binário e executar com o arquivo de configuração RWStore2.properties o serviço de triplestore.

```
wget https://sourceforge.net/projects/bigdata/files/bigdata/
2.1.1/blazegraph.jar
```

```
wget https://dl.dropboxusercontent.com/u/24827919/
SustenAgro/RWStore2.properties
```

```
java -server -Xmx4g -Dbigdata.propertyFile=RWStore2.properties
-jar blazegraph.jar
```

D.2 Deploy do arquivo war

O deploy do sistema consiste em executar os serviços do Tomcat 7 e Triplestore, e fazer upload do arquivo SustenAgro-1.0.war ao servidor Apache Tomcat para fazer o deploy no Path “/”, e finalmente reiniciar o Tomcat.

```
wget https://dl.dropboxusercontent.com/u/24827919/
SustenAgro/sustenagro-1.0.war
```