
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.

1.4 Organização

Este trabalho de dissertação está estruturado da seguinte forma:

Capítulo 2: Apresenta a fundamentação teórica sobre a Web Semântica com a finalidade de descrever as principais tecnologias e a teoria necessária para desenvolver o presente trabalho.

Capítulo 3: Apresenta a fundamentação sobre DSL e como pode ser usada em associação com a Web Semântica para gerar novos tipos de sistemas de apoio à decisão.

Capítulo 4: 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 5: Apresenta a abordagem da metodologia e o desenvolvimento de cada um dos produtos software resultantes do presente trabalho.

Capítulo 6: Apresenta a avaliação realizada pelos especialistas.

Capítulo 7: Apresenta os resultados obtidos

Capítulo 8: Apresenta as conclusões do presente trabalho, uma discussão e possíveis trabalhos futuros.

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

Web semântica

A web foi criada para possibilitar o acesso, intercâmbio e recuperação de informações de maneira rápida e simples, seu crescimento exponencial e caótico fez com que a mesma se tornasse hoje um gigantesco repositório de documentos, o que dificulta a recuperação de informações. Até o momento, não existe nenhuma estratégia abrangente e satisfatória para a indexação de documentos por meio de “motores de busca” que seja coerente com uma estrutura linguística. [Souza 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 1 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 máquinas 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 máquinas se aproximem nesta capacidade, atualmente é possível inferir e deduzir informações, porém 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

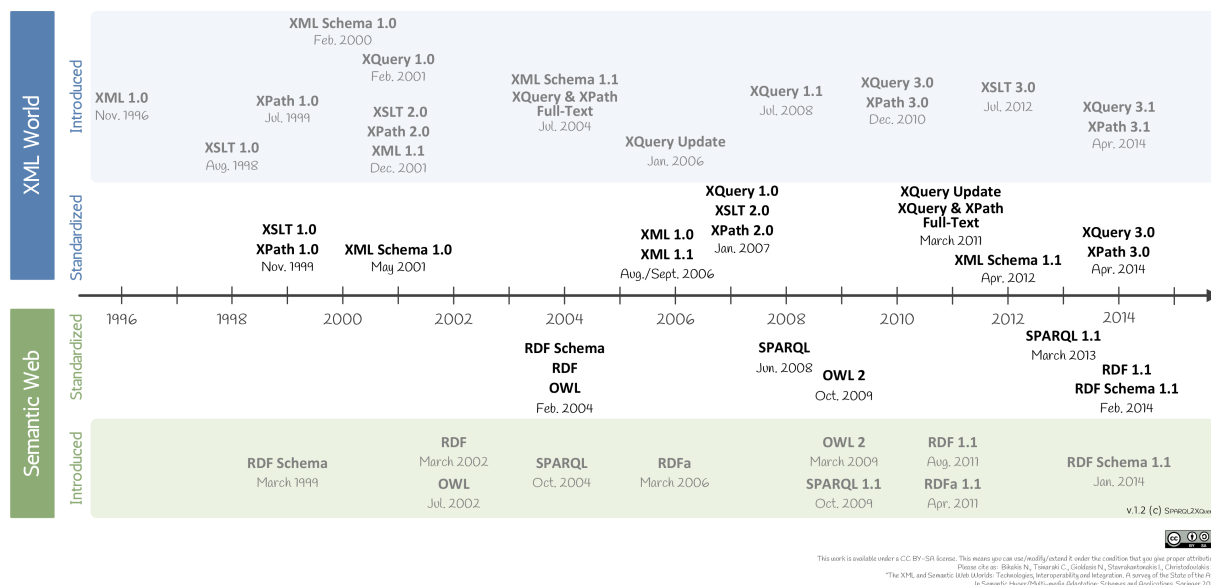


Figura 1 – História da Web Semântica

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 .

2.1 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 máquinas, e gerar um meio comum de representação entre os humanos e máquinas.

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 2

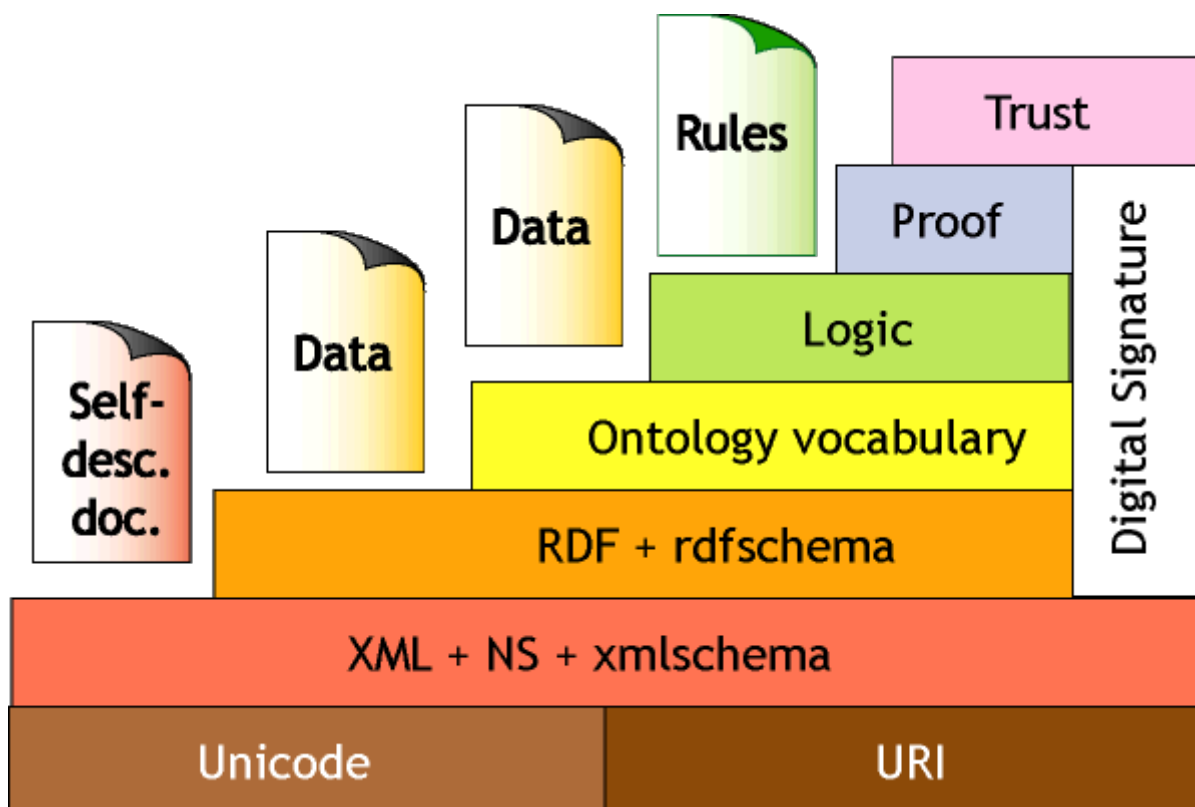
A base da arquitetura é estabelecida pelos padrões Unicode e URI, que padronizam a representação dos dados.

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 2 – 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 logicas 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.

2.2 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 3 mostra os níveis de representação de dados na forma de conhecimento processável por máquinas.

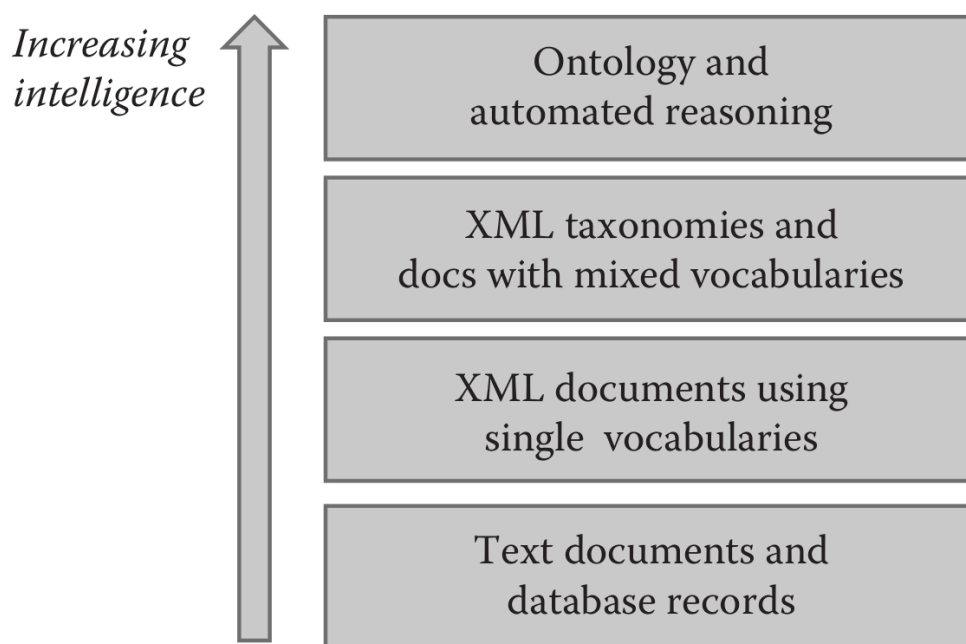


Figura 3 – Smart data continuum: níveis de representação de dados na forma de conhecimento processável por máquinas.

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 compartilha-os entre aplicações sem requerer interferência humana (SUGUMARAN; GULLA, 2011), cada uma destas características compõem as ontologias.

2.3 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 ser compartilhados e reusados através das fronteiras das aplicações, empresas e comunidades ¹. 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 característica do objeto²

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.

2.4 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 4). 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.

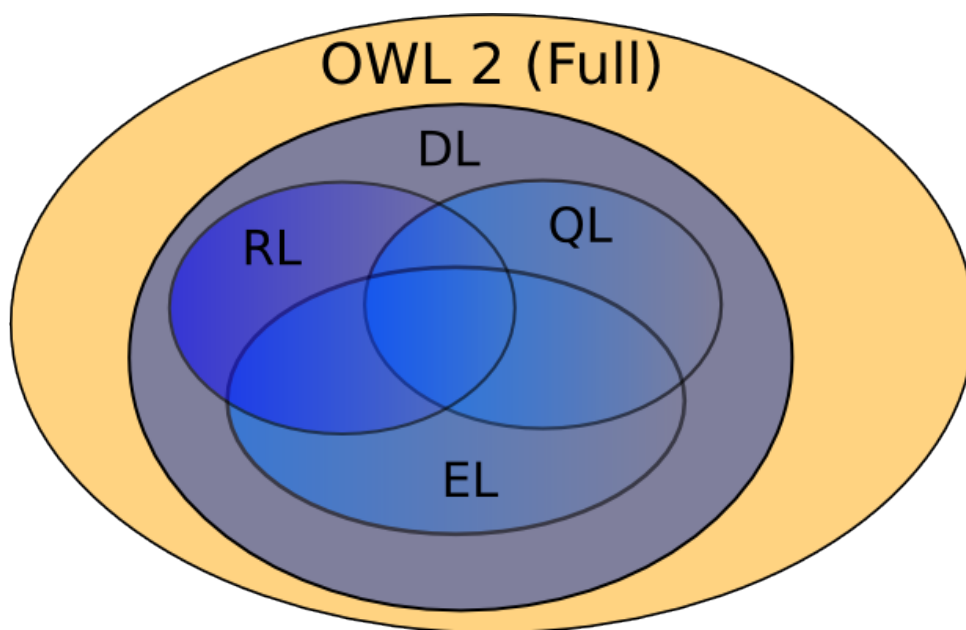


Figura 4 – OWL2 Profiles.

2.5 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.

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 [Heinzle, 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 usável 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.

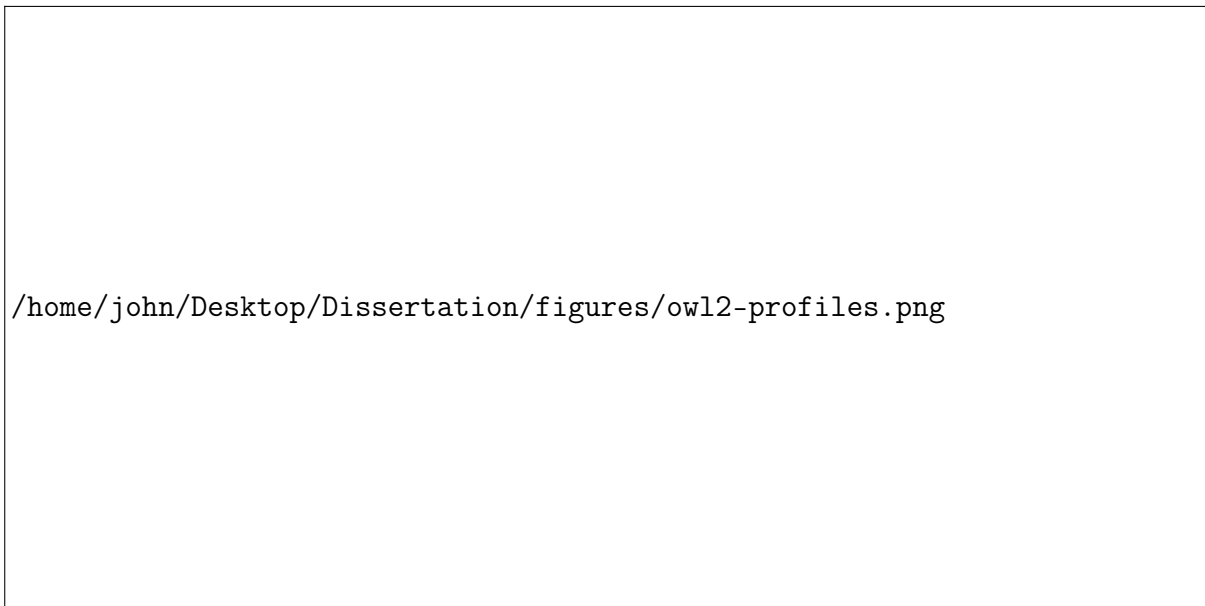


Figura 5 – Componentes de um SAD Júnior (2006).

A Figura 5 mostra os componentes genéricos de um SAD. Eles podem ser divididos em dados, banco 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.

3.1 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 5) 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 [Linhais, 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.

3.2 Considerações Finais

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.

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

4.1 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 de definição dos SAD, as características da DSL são:

4.1.1 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 uns 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 – DSL: 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

4.1.2 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 instancias 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 – DSL: definição de Features

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

4.1.3 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 metodo de avaliação, permitindo atualizar o metodo 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, más pode ser definido qualquer método computável.

Listagem 4.3 – DSL: 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 – DSL: 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 preferencias dos usuários. No caso das mudanças no design são feitas através da edição do CSS3.

Trabalhos Relacionados

Metodologia

Este capítulo apresenta a metodologia realizada no desenvolvimento do presente projeto entre eles a ontologia de domínio do SustenAgro e artefatos para o desenvolvimento da interface visual do sistema: User Stories, Scenários, Story Boards, Mockups e um protótipo para a interface do SustenAgro.

6.1 Ontologia de Domínio do 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 (??).

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 compreensível 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, representando 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 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.

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 (??). A Figura 6 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.

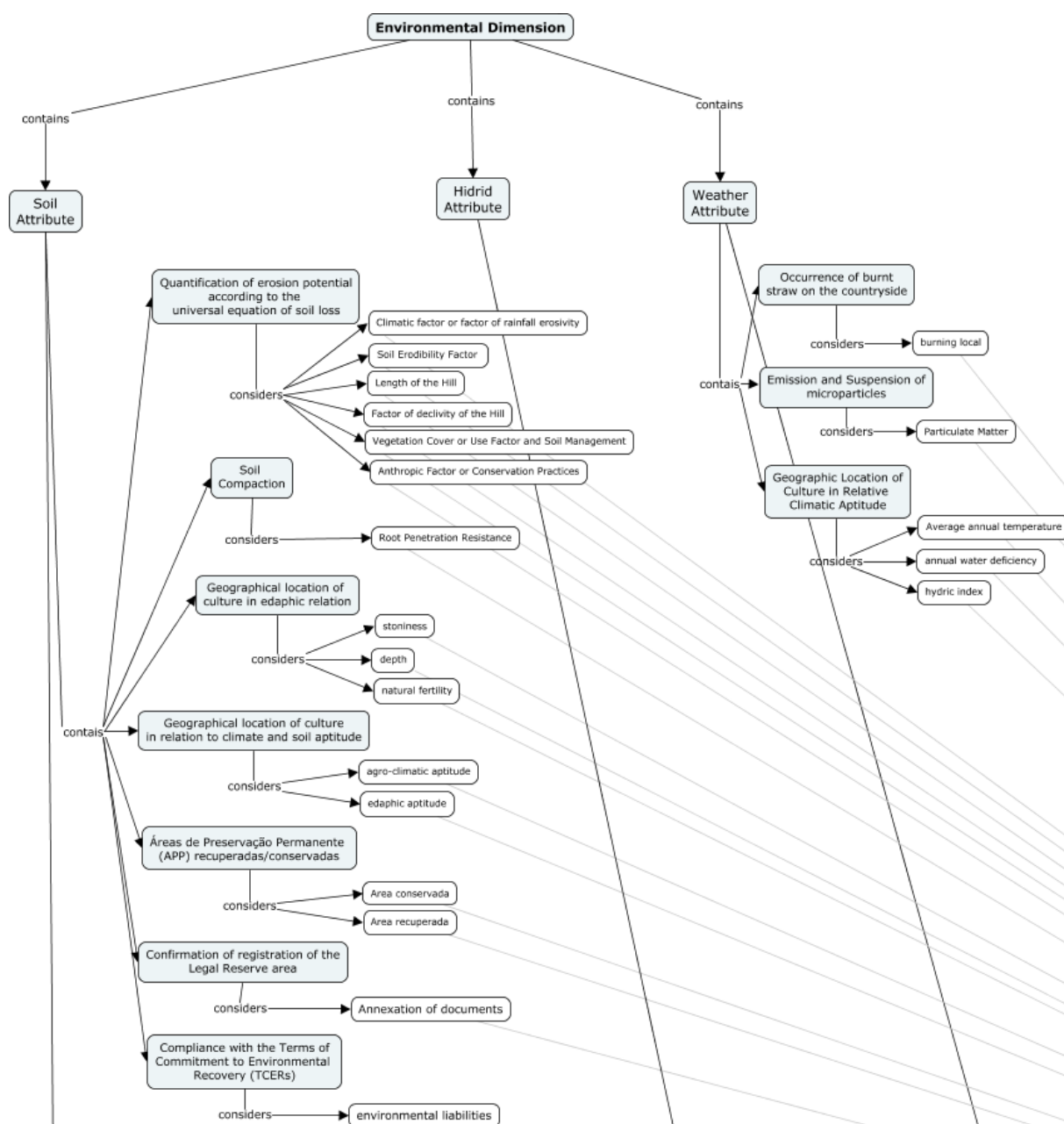


Figura 6 – Mapa conceitual - Ambiental

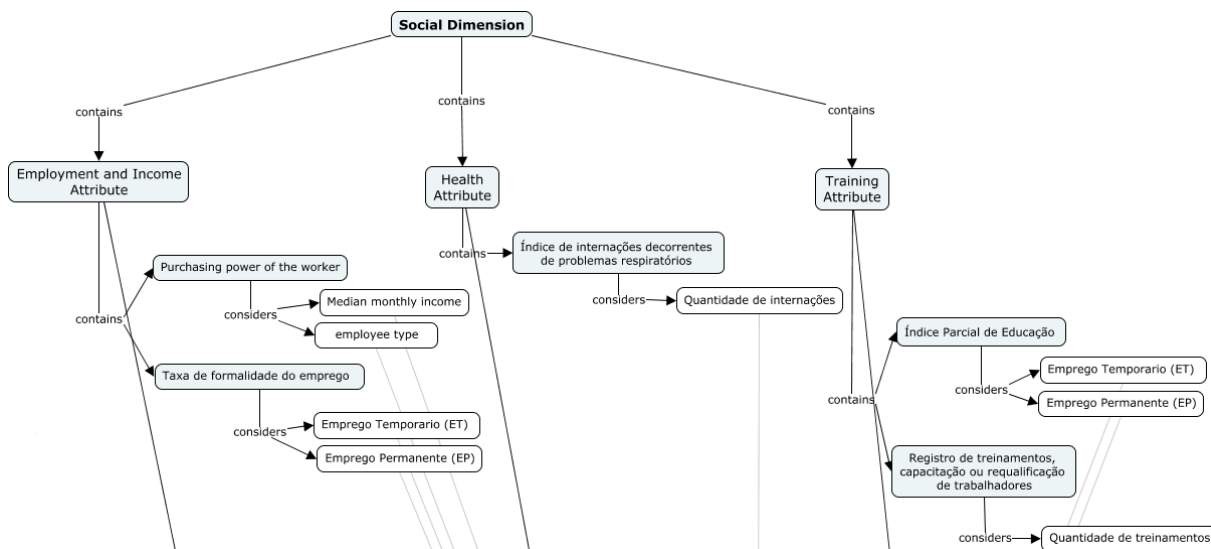


Figura 7 – Mapa conceitual - Social

A Figura 7, representa a dimensão social, onde são definidos os seguintes conceitos (*containers*):

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

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

As Figuras 8 e 9 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.

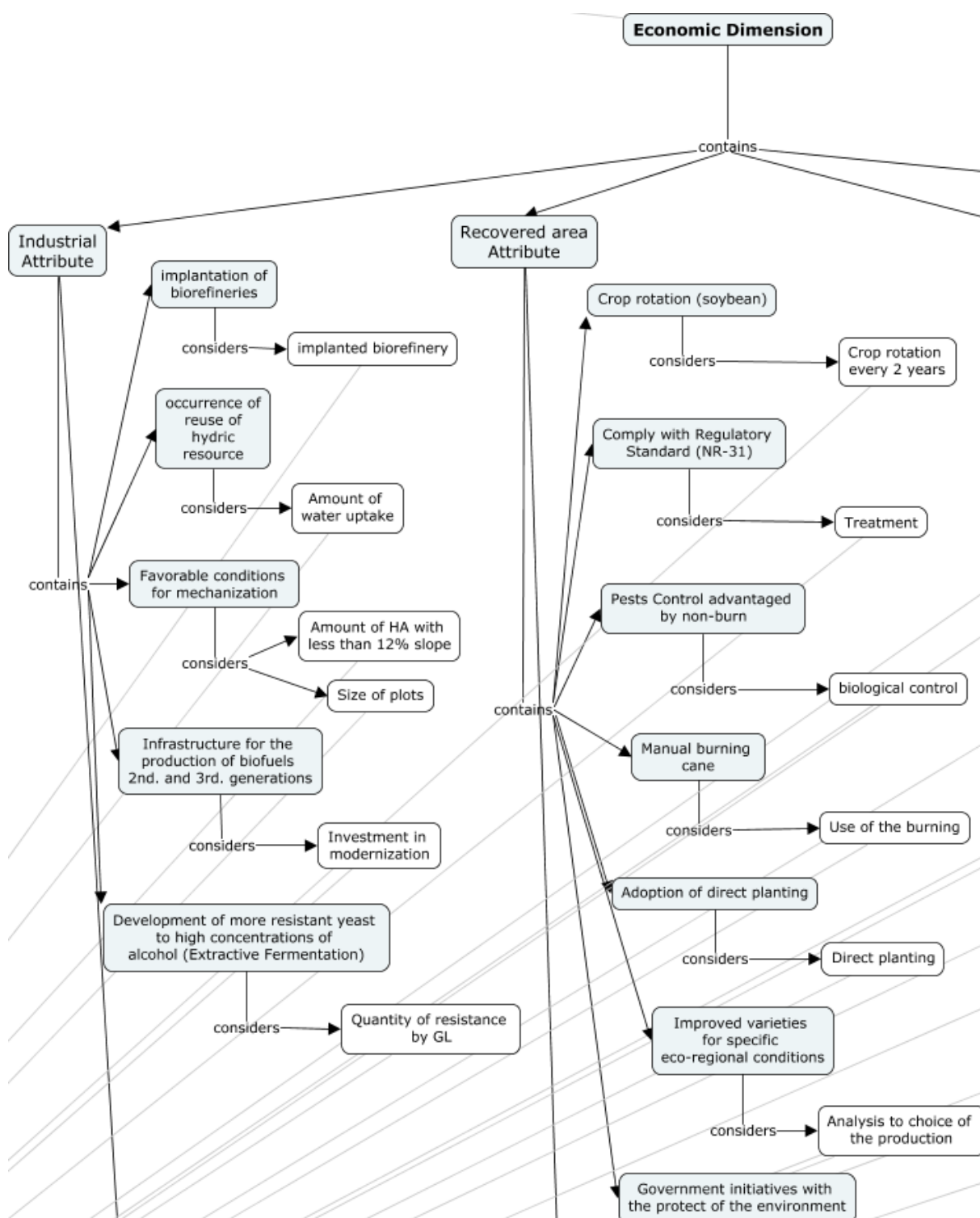


Figura 8 – Mapa conceitual - Dimensão Econômica primeira parte.

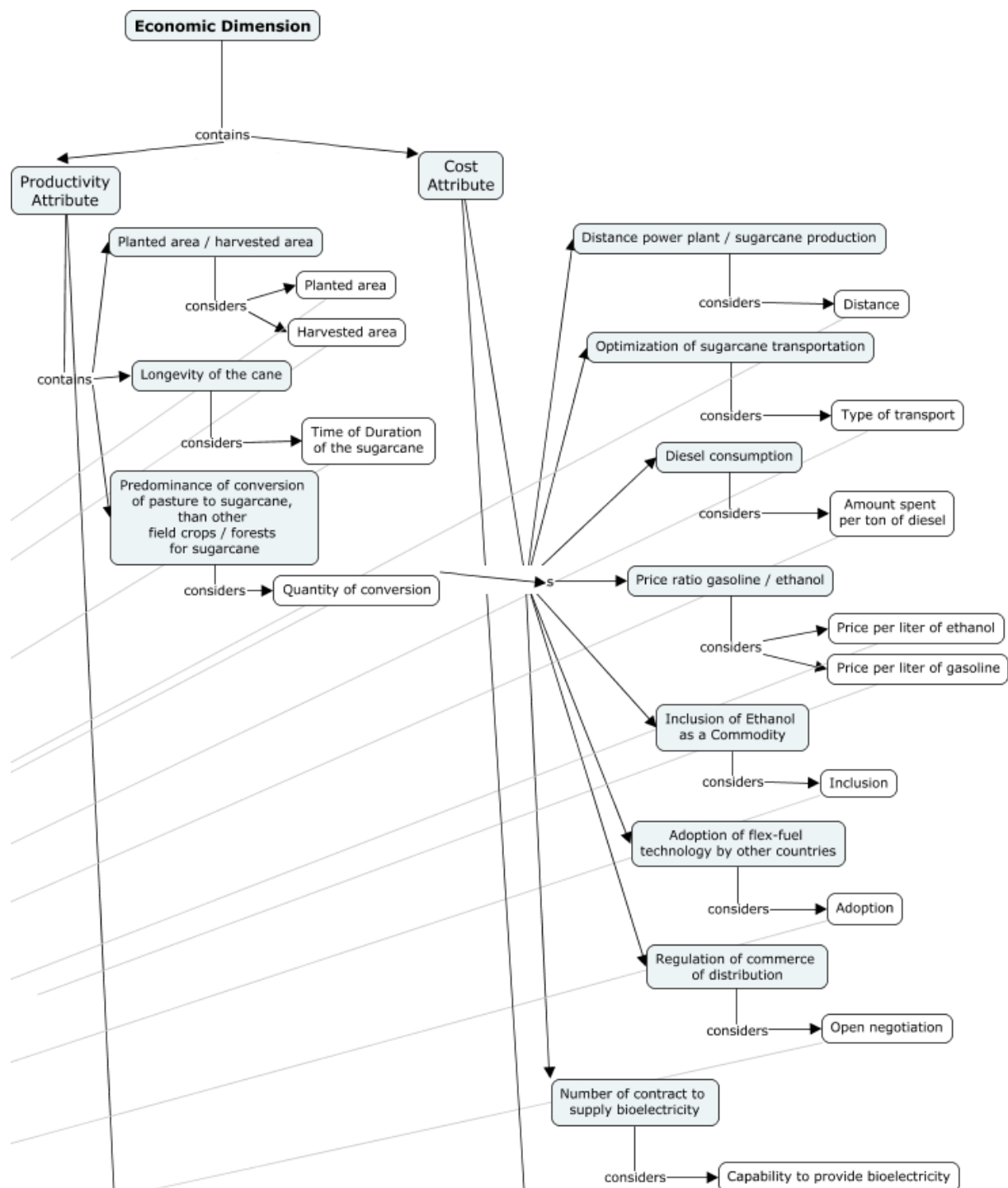


Figura 9 – Mapa conceitual - Dimensão Econômica segunda parte.

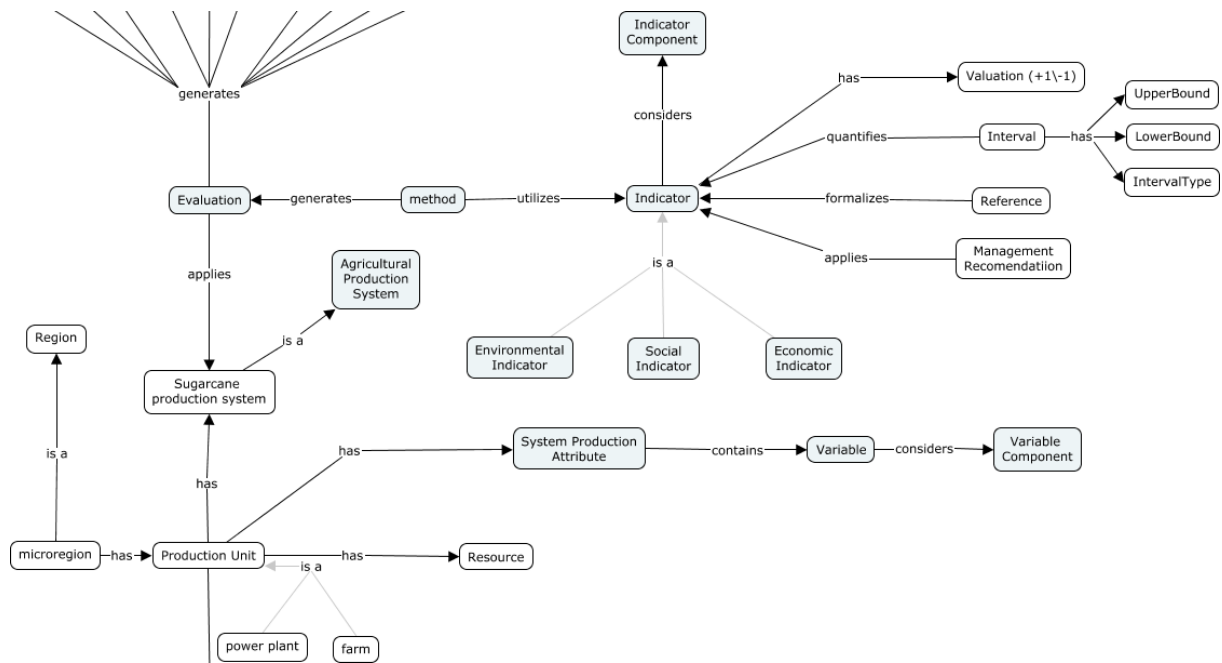


Figura 10 – Mapa conceitual - Método

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

A Figura 10 mostra os conceitos que fazem a união das dimensões e do método de avaliação. Cada um dos conceitos relacionados com o método de avaliação utilizam os indicadores para realizar o processo de avaliação. A intenção é representar o mais detalhadamente e claramente possível o processo de avaliação para a sua correta execução.

6.2 User Stories

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

Na aplicação dessa técnica foram obtidos as seguintes histórias:

1. O usuário poderá identificar e cadastrar a localização geográfica e a área da sua lavoura (definir região geográfica do IBGE, latitude e longitude - a partir do Google Maps).
2. O usuário poderá identificar e cadastrar a microrregião a que pertence a sua lavoura. O sistema fará uma sugestão de cadastro a partir dos dados da localização geográfica.
3. O usuário deverá preencher o estado de cada indicador específico nas dimensões ambiental, econômica e social. Esses indicadores vão ser definidos pelo programa. Eles devem se adaptar às condições das regiões e microrregiões do Brasil. Da mesma forma as faixas de limiares de sustentabilidade são definidas.

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

6.3 Scenarios

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

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

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

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

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

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

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

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

1. O usuário poderá fazer a “História de usuário #3” ou entrar no sistema e continuar na tela de cadastro de indicadores e, quando aconteça que o usuário precise de um indicador que não seja oferecido pelo sistema, o usuário poderá acrescentá-lo por meio do botão “acrescentar indicador”
2. O usuário dá click no botão “acrescentar indicador” e lhe é apresentada uma interface de entrada, onde ele deverá cadastrar o título, a descrição, os limiares, a medida do manejo e a justificativa desse indicador. Depois, preenche o estado do indicador e o sistema salva esses dados nessa dimensão.

3. O usuário também poderá eliminar alguns indicadores segundo seu critério.

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

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

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

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

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

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

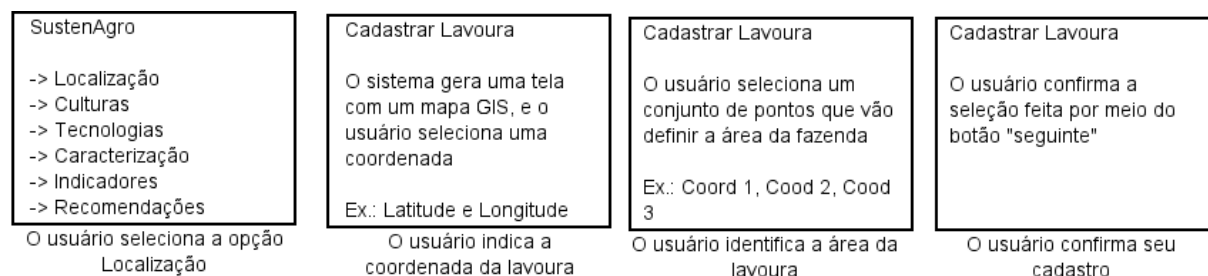
História de usuário #8: "Cronograma de avaliação, melhor depois de cada safra."

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

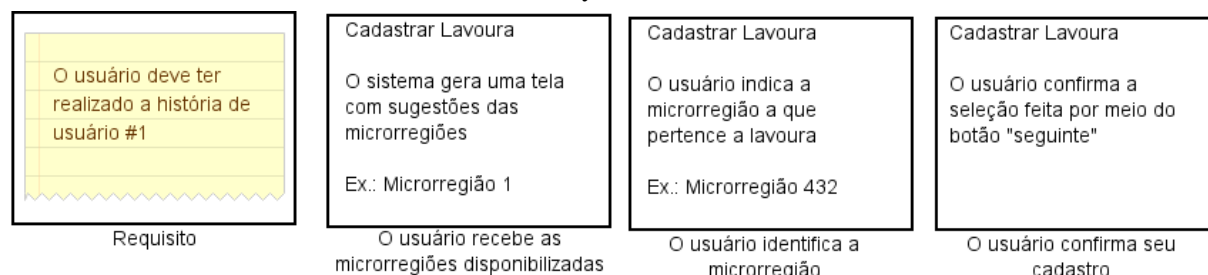
6.4 Storyboard

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.

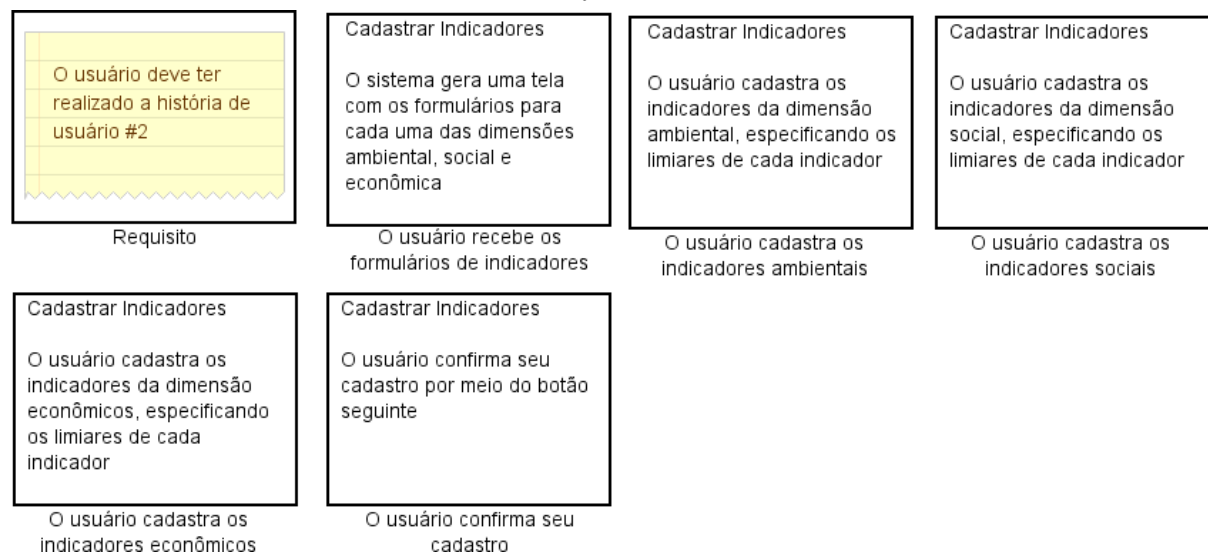
Esta representação permite se ter uma visão holística da interação do usuário, com ênfase nos aspectos funcionais da interação e não nos aspectos da interface de usuário. A seguir, são apresentados os textos das storyboard dos processos identificados:



Storyboard 1.



Storyboard 2.

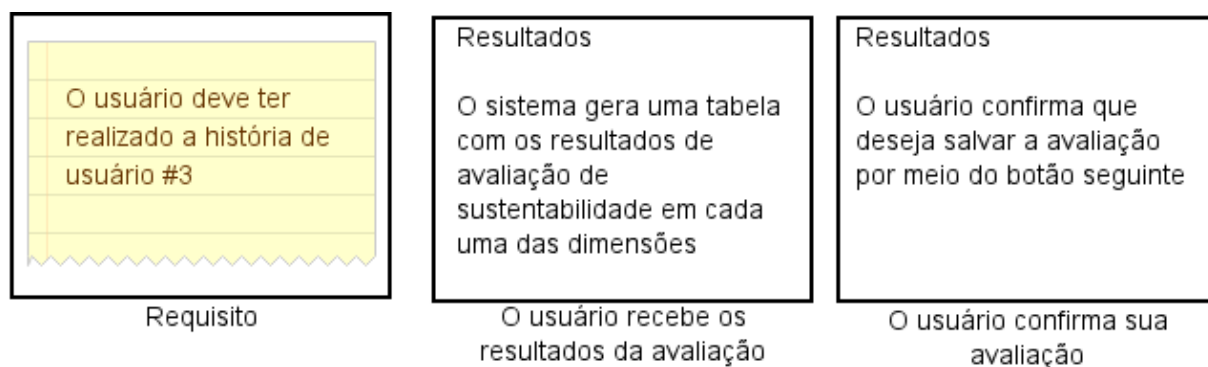


Storyboard 3.

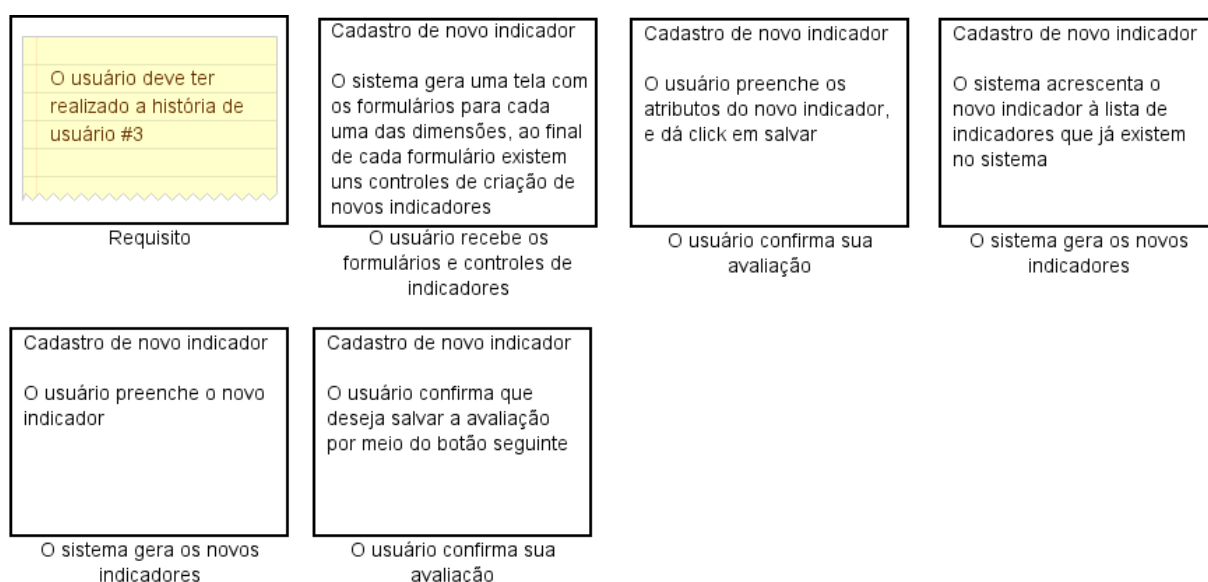
Figura 11 – Storyboards números 1–3.



Storyboard 4.



Storyboard 5.



Storyboard 6.

Figura 12 – Storyboards números 4–6.

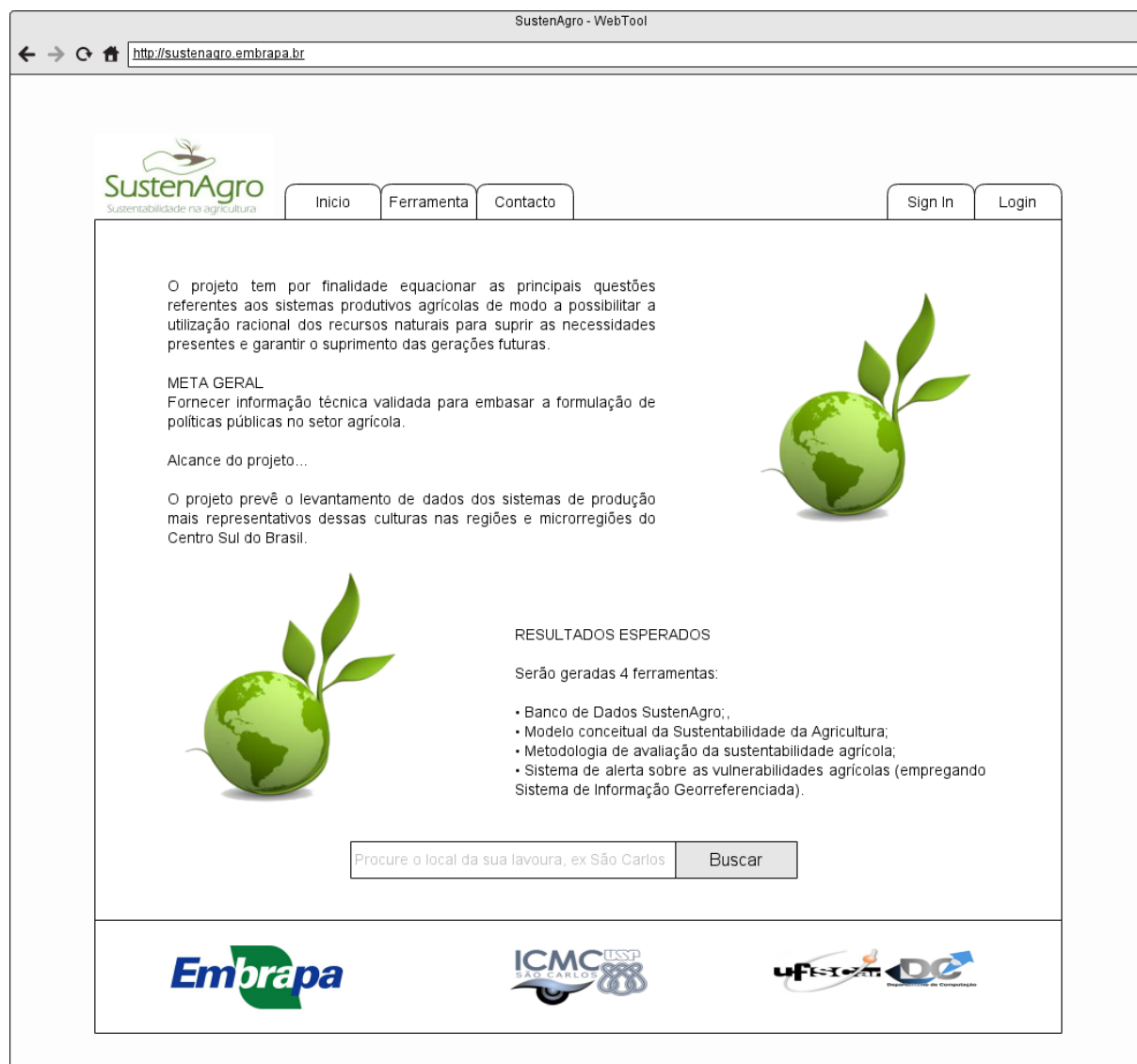


Figura 13 – Mockup da tela da Home Page do SustenAgro.

6.5 Mockups das Interfaces do SustenAgro

Mockups permitem uma representação visual das interfaces do sistema para ajudar no seu entendimento, fazer demonstrações, avaliações do design, dentre outros propósitos. As Figuras 13 e 14 mostram algumas telas com desenhos dos Mockups que foram avaliados e validados pela equipe do projeto.

6.6 Protótipo da Interface Gráfica do SustenAgro

O primeiro protótipo da interface gráfica do SustenAgro está publicado nos servidores do laboratório Intermídia do ICMC-USP¹, na Figura 15 é apresentada a página inicial do protótipo.

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

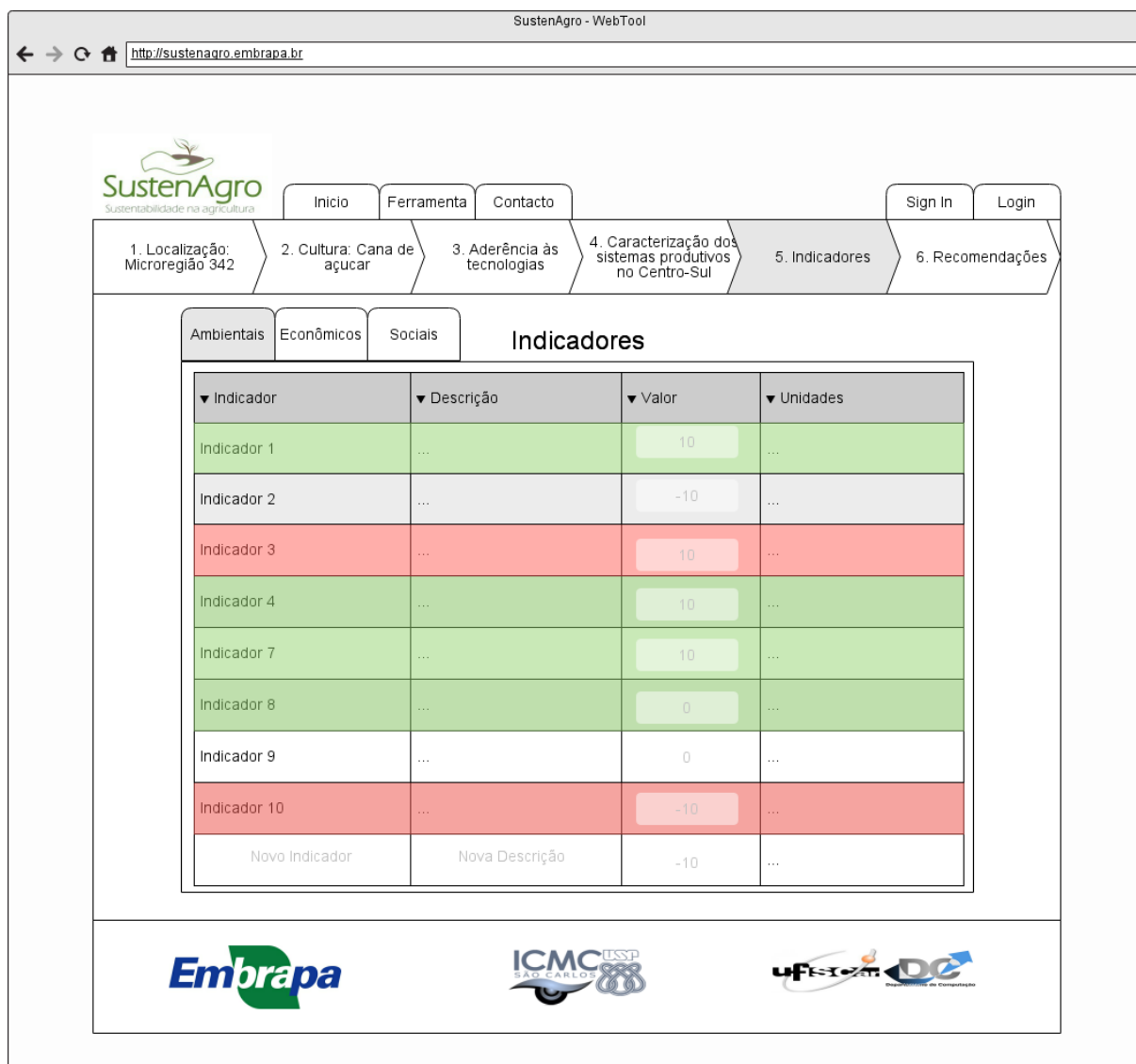


Figura 14 – Mockup da tela de indicadores do SustenAgro.

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 16, 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.



Figura 15 – Protótipo do SustenAgro – Home Page.

SustenAgro

Início Ferramenta Contato

Inicie sessão Cadastre-se

Descrição 1. Localização 2. Caracterização 3. Indicadores 4. Recomendações

Indicadores! Por favor preencher as três dimensões dos indicadores, ambiental, econômica e social.

Ambientais Econômicos Sociais

#	Nome	Descrição	Valor	Unidades
1	Quantidade de vinhaça/área aplicada com relação ao Potássio (K) e Nitrogênio (N)	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 K ₂ O 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).	<input type="text"/>	vinhaça/área

« 1 2 3 4 5 »

Cadastrar novo indicador

Nome

Descrição

Valor

Unidades

Cadastrar

Seguinte

Embrapa ICMC-USP UFPA

Figura 16 – Protótipo do SustenAgro - Indicadores.

Decisioner: Sistema gerador de SADs

Neste capítulo será descrito o desenvolvimento tecnologico realizado no mestrado e que deu como resultado o Sistema SustenAgro, primeiramente apresenta-se a metodologia usada.

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.

7.1 Metodologia

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

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

que tem haver com interfaces, além da ontologia de Controles Gráficos.

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

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

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

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

Baseando-se na DSL, pode-se suportar um sistema gerador de interfaces gráficas para conceder usabilidade e flexibilidade ao sistema. Essa última característica constitui uma nova proposta de desenvolvimento de SADs que permite a adaptação automática (ou semi-automática) da interface às mudanças dos conceitos do domínio.

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

7.1.1 Atividades Concluídas até o Momento

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

7.2 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.

7.3 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.

7.4 Arquitetura do Sistema

O sistema SustenAgro será composto por vários componentes. A representação da arquitetura do sistema é apresentada na figura 17, a qual contém os seguintes elementos:

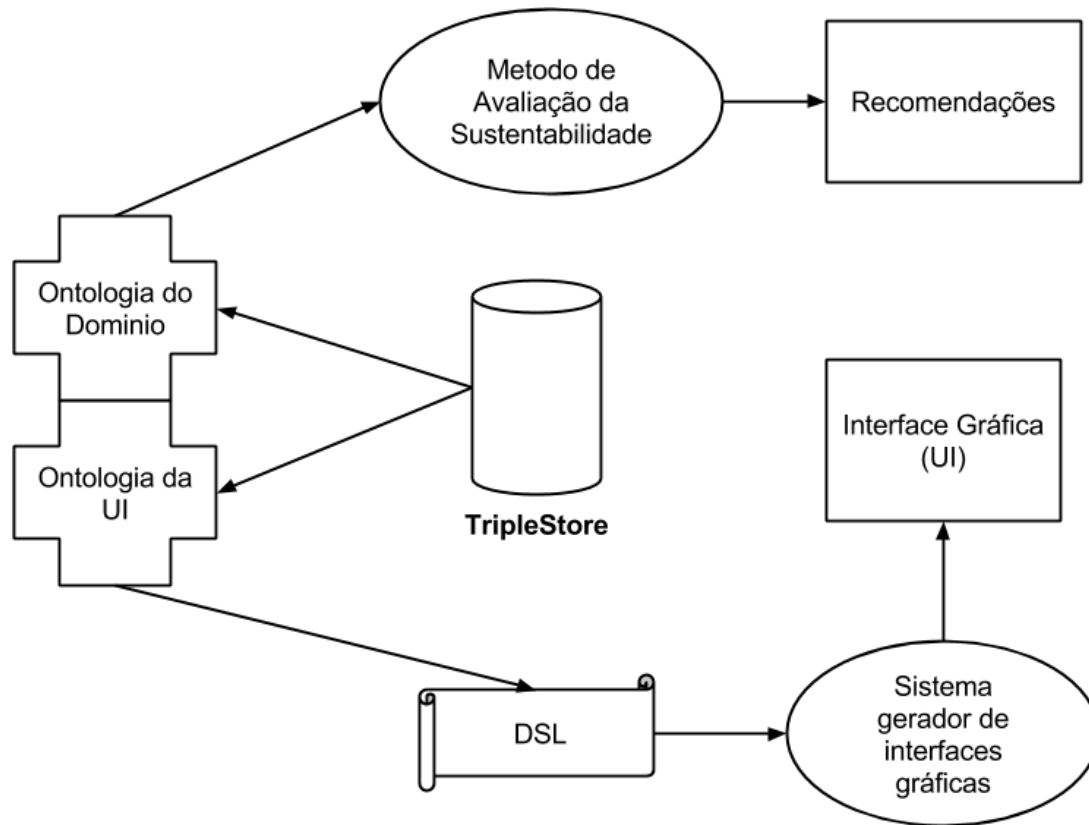


Figura 17 – Arquitetura de SustenAgro

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

5. Sistema Gerador de Interfaces Gráficas: Sistema no navegador de internet (*browser*) que cria uma interface a partir da DSL e da ontologia de controles gráficos.

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

7.5 Decisioner: gerador de sistemas de avaliação

O sistema gerador de interfaces é uma camada adicional ao processo de definição da interface gráfica. Ele usa a DSL de Interface e as ontologias (de domínio e da UI), Figura 18, para gerar a interface Web no padrão HTML. A Figura 18 apresenta a arquitetura do sistema como um todo.

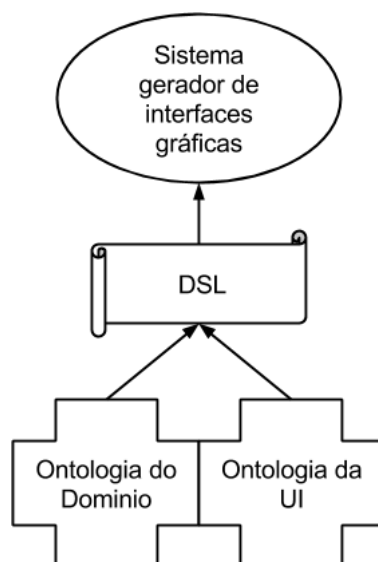


Figura 18 – Processo de geração de interfaces gráficas

7.6 Considerações Finais

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

Avaliação

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 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.



[Apresentação](#) [Avaliação](#) [Administração](#) [Contato](#)

Farm ▾ Análises ▾

Avaliação da eficiência e custo

Avaliação da sustentabilidade

Eficiência da produção

Eficiência tecnológica

Eficiência tecnológica no campo

Manejo

Justificativa Apagar

- ☒ Preparo / plantio / manutenção do canavial (automatizados ou empregando sistemas de informação? Por ex sensoriamento remoto ou agricultura de precisão)
- ☐ Preparo / plantio / manutenção do canavial manual em função de restrições do tamanho da área e declividade
- ☐ Preparo / plantio / manutenção do canavial manual em áreas aptas a mecanização
- ☐ Preparo / plantio / manutenção do canavial usando mecanização

Peso Direta ▾

Mecanização da cana

Justificativa Apagar

- ☐ Adequada – com redução de perdas visíveis e invisíveis
- ☐ Com eficiência para o ambiente de produção – emprego de técnicas para reduzir a compactação do solo
- ☐ Inadequada – aumento de custos de produção

Peso ▾

Organização de produtores ou usinas

Justificativa Apagar

- ☐ Não
- ☐ Sim

Peso ▾

Figura 19 – Cadastro das variáveis/indicadores

Assessment	Results
Efficiency and cost spreadsheets	Sustainability spreadsheets
Assessment	
Sustainability assessment	
Environmental Dimension	
Indicator	Relevance
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 (stocks)	

Conclusão

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 precisas dos especialistas de T.I.

9.1 Trabalhos Futuros

Este capítulo apresenta os resultados estão uma versão da ontologia de domínio do SustenAgro e artefatos para o desenvolvimento da interface visual do sistema: User Stories, Scenarios, Story Boards, Mockups e um protótipo para a interface do SustenAgro.

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 coleta 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.

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=_qGKPOIB1DgC>. (Citado nas páginas 8 e 23.)
- 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 6.)
- 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 2 e 23.)
- FOWLER, M. *Domain-specific languages*. [S.l.]: Pearson Education, 2010. (Citado na página 17.)
- 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 13 e 43.)
- HORRIDGE, M.; BECHHOFFER, 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 8.)
- 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 14.)
- JÚNIOR, S. A. M. B. Sistemas de apoio à decisão. *Urcamp-Brasil*, v. 20, 2006. (Citado nas páginas 13 e 14.)
- 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 15.)
- 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 13.)
- 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 10.)
- 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 17.)

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 8.)

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 15.)

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 8.)

SEI, S. Views and beyond architecture documentation template. 2006. (Citado na página 14.)

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 Nest Decade. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923601001397>>. (Citado na página 1.)

SIMON, H. A. *The architecture of complexity*. [S.l.]: Springer, 1991. (Citado nas páginas 1 e 23.)

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 1.)

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 7.)

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 5.)

SUGUMARAN, V.; GULLA, J. A. *Applied semantic web technologies*. [S.l.]: CRC Press, 2011. (Citado na página 9.)

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 1.)