

---

# Ontologias e DSLs na geração de sistemas de apoio à decisão, caso de estudo SustenAgro

***John Freddy Garavito Suárez***

---



SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO ICMC-USP

Data de Depósito:

Assinatura: \_\_\_\_\_

**John Freddy Garavito Suárez**

## Ontologias e DSLs na geração de sistemas de apoio à decisão, caso de estudo SustenAgro

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

*VERSÃO REVISADA*

Área de Concentração: Ciências de Computação e Matemática Computacional

Orientador: Prof. Dr. Dilvan de Abreu Moreira

**USP – São Carlos**  
**Maio de 2017**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Achille Bassi  
e Seção Técnica de Informática, ICMC/USP,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L965c      Garavito S., John Freddy  
              Ontologias e DSLs na Geração de Sistemas de  
Apoio à Decisão, caso de estudo SustenAgro /  
John Freddy Garavito S.; orientador Dilvan de  
Abreu Moreira. - São Carlos, 2017.  
              131 p.

              Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação  
em Ciências de Computação e Matemática  
Computacional) -- Instituto de Ciências Matemáticas  
e de Computação, Universidade de São Paulo, 2017.

              1. SAD. 2. Web Semântica e DSLs. 3. Framework  
Decisioner. 4. SustenAgro. 5. SAD SustenAgro  
6. Avaliação. I. Moreira, Dilvan de Abreu , orient.

**John Freddy Garavito Suárez**

**Ontologies and DSLs in the generation of  
decision support systems,  
SustenAgro study case**

Master dissertation submitted to the Instituto de  
Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC-  
USP, in partial fulfillment of the requirements for the  
degree of the Master Program in Computer Science  
And Computational Mathematics.

FINAL VERSION

Concentration Area: Computer Science and  
Computational Mathematics

Advisor Prof. Dr. Dilvan de Abreu Moreira

**USP – São Carlos  
May 2017**



***Aos meus pais, Salustriano e Dioselina pelo  
amor compartilhado.***





## ***Agradecimentos.***

Agradeço a Deus pela vida,

Aos meus pais e família pelo excelente exemplo de vida e apoio,

Ao professor Dr. Dilvan Moreira pela orientação, pelo compartilhamento de sabedoria, conhecimento, tempo, conversas e risadas, e especialmente pela paciência e apoio durante cada uma das etapas do mestrado.

A Mayra Bonfim pela agradável companhia, ótimos conselhos e apoio incondicional, que me permitiram crescer como pessoa e como profissional.

Aos meus colegas do laboratório Intermídia  
pelo exemplo de perseverança.

A Universidade de São Paulo  
pelo ensino.



***“Live as if you were to die tomorrow.  
Learn as if you were to live forever.”***

***“Viva como se você fosse morrer amanhã.  
Aprenda como se você fosse viver para sempre.”***

***“Vive como si fueras a morir mañana.  
Aprende como si fueras a vivir siempre”***



# Resumo

GARAVITO, J. F. Ontologias e DSLs na geração de sistemas de apoio à decisão, caso de estudo SustenAgro. Dissertação (Mestrado em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2017.

Os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) organizam e processam dados e informações para gerar resultados que apoiem a tomada de decisão em um domínio específico. Eles integram conhecimento de especialistas de domínio em cada um de seus componentes: modelos, dados, operações matemáticas (que processam os dados) e resultado de análises. Nas metodologias de desenvolvimento tradicionais, esse conhecimento deve ser interpretado e usado por desenvolvedores de software para implementar os SADs. Isso porque especialistas de domínio não conseguem formalizar esse conhecimento em um modelo computável que possa ser integrado aos SADs. O processo de modelagem de conhecimento é realizado, na prática, pelos desenvolvedores, parcializando o conhecimento do domínio e dificultando o desenvolvimento ágil dos SADs (já que os especialistas não modificam o código diretamente). Para solucionar esse problema, propõe-se um método e ferramenta web que usa ontologias, na Web Ontology Language (OWL), para representar o conhecimento de especialistas, e uma Domain Specific Language (DSL), para modelar o comportamento dos SADs. Ontologias, em OWL, são uma representação de conhecimento computável, que permite definir SADs em um formato entendível e acessível a humanos e máquinas. Esse método foi usado para criar o framework Decisioner para a instanciação de SADs. O Decisioner gera automaticamente SADs a partir de uma ontologia e uma descrição na DSL, incluindo a interface do SAD (usando uma biblioteca de Web Components). Um editor online de ontologias, que usa um formato simplificado, permite que especialistas de domínio possam modificar aspectos da ontologia e imediatamente ver as consequência de suas mudanças no SAD. Uma validação desse método foi realizada, por meio da instanciação do SAD SustenAgro no Framework Decisioner. O SAD SustenAgro avalia a sustentabilidade de sistemas produtivos de cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil. Avaliações, conduzidas por especialistas em sustentabilidade da Embrapa Meio ambiente (parceiros neste projeto), mostraram que especialistas são capazes de alterar a ontologia e DSL usadas, sem a ajuda de programadores, e que o sistema produz análises de sustentabilidade corretas.

**Palavras Chave:** *Ontologias, Linguagem de Domínio Específico, Web Semântica, Representação de Conhecimento, Framework Decisioner, Sistema de apoio à decisão, SustenAgro*



# Abstract

GARAVITO, J. F. Ontologies and DSLs in the generation of decision support systems, SustenAgro study case. Master dissertation (Master Program in Computer Science And Computational Mathematics.) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2017.

Decision Support Systems (DSSs) organize and process data and information to generate results to support decision making in a specific domain. They integrate knowledge from domain experts in each of their components: models, data, mathematical operations (that process the data) and analysis results. In traditional development methodologies, this knowledge must be interpreted and used by software developers to implement DSSs. That is because domain experts cannot formalize this knowledge in a computable model that can be integrated into DSSs. The knowledge modeling process is carried out, in practice, by the developers, biasing domain knowledge and hindering the agile development of DSSs (as domain experts cannot modify code directly). To solve this problem, a method and web tool is proposed that uses ontologies, in the Web Ontology Language (OWL), to represent expert's knowledge, and a Domain Specific Language (DSL), to model DSS behavior. Ontologies, in OWL, are a computable knowledge representations, which allow the definition of DSSs in a format understandable and accessible to humans and machines. This method was used to create the Decisioner Framework for the instantiation of DSSs. Decisioner automatically generates DSSs from an ontology and a description in its DSL, including the DSS interface (using a Web Components library). An online ontology editor, using a simplified format, allows that domain experts change the ontology and immediately see the consequences of their changes in the in the DSS. A validation of this method was done through the instantiation of the SustenAgro DSS, using the Decisioner Framework. The SustenAgro DSS evaluates the sustainability of sugarcane production systems in the center-south region of Brazil. Evaluations, done by by sustainability experts from Embrapa Environment (partners in this project), showed that domain experts are capable of changing the ontology and DSL program used, without the help of software developers, and that the system produced correct sustainability analysis.

**Keywords:** *Ontologies, Domain-Specific Language, Semantic Web, Knowledge Representation, Decisioner Framework, Decision Support System, SustenAgro*





# Lista de ilustrações

---



# Lista De Códigos-Fonte

---



# Lista de tabelas

--	--



# Sumário

--	--





---

# Introdução

---

Os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) organizam e processam os dados e informações para gerar resultados de valor que apoiem e melhorem a tomada de decisão em um área de conhecimento, também denominada como domínio específico (??). Os SADs integram conhecimento desenvolvido pelos especialistas do domínio que fica implícito nos dados, informações e processos usados (??). Tal conhecimento, específico de um domínio, não é familiar para desenvolvedores de software. Eles têm que usar técnicas diversas para o levantamento de requisitos para entender o domínio dos especialistas e assim implementar o software corretamente (??). Quanto mais especializado for o domínio dos especialistas, mais esforço adicional será necessário aos desenvolvedores do sistema, o que leva a ampliação do tempo e custo de desenvolvimento.

Adicionalmente, os especialistas do domínio, em geral, não têm conhecimento suficiente em matéria de desenvolvimento de sistemas de software para realizar o dito processo por eles mesmos. Além disso, os dois domínios, tanto dos especialistas de domínio como dos desenvolvedores de software, são tão amplos que precisam de perfis particulares para realizar os processos corretamente (??). Dentro deste contexto, foi identificado o problema da inexistência de um meio de representação de conhecimento para definir SADs, que tenha um formato computável, entendível e acessível pelos especialistas do domínio.

Como exemplo do problema anterior, podemos expor o caso dos especialistas em sustentabilidade da Embrapa Meio Ambiente, que desenvolveram o projeto SustenAgro (Apêndice ??). Nesse projeto, foi desenvolvido um método de avaliação de sustentabilidade no sistema produtivo da cana-de-açúcar do centro-sul do Brasil (??). Tais especialistas precisavam implementar um SAD para disponibilizar o método SustenAgro à comunidade interessada em realizar avaliações de sustentabilidade em cana-de-açúcar. Nesse caso, foi identificado que eles possuíam o conhecimento do domínio de avaliação de sustentabilidade da cana-de-açúcar, mas não tinham um meio para definir esse conhecimento de maneira computável em um SAD.

## 1.1 Motivação

A pesquisa em representação e organização de conhecimento tem alto impacto devido ao fato de fornecer métodos e ferramentas para entender e gerenciar o conhecimento em diversos domínios (??). Especificamente nos SADs, ela pode fornecer meios de integração de conhecimento que aumentam as funcionalidades e a eficiência desses sistemas, inclusive trazendo vantagens no processo de desenvolvimento dos SAD (??).

A análise do projeto SustenAgro permitiu identificar as seguintes motivações relacionadas com a integração de conhecimento dos especialistas de domínio:

A primeira delas é a necessidade de um método e ferramenta para que os especialistas do domínio definam o conhecimento nos SADs, principalmente as características particulares que requerem profundo conhecimento. Isso permite a participação deles como descritores de conhecimento específico fornecendo, aos desenvolvedores de software, tempo adicional para dedicar-se aos assuntos próprios da computação e assim agilizar o processo de desenvolvimento de SADs. Essa abordagem facilita a definição de SADs com menos intervenção por parte dos não especialistas do domínio, fazendo que a definição do conhecimento fique em termos conhecidos pelos especialistas e seja gerenciada por eles mesmos.

A segunda refere-se a fornecer meios computáveis de representação desse conhecimento, que facilitem a comunicação entre os especialistas do domínio e os desenvolvedores de software e que adaptem-se às mudanças do domínio. Domínios de conhecimento estão em continua mudança, como é o caso do domínio avaliação da sustentabilidade da cultura de cana-de-açúcar(??).

A terceira é o impacto que gera o correto uso dos SAD(??). O desenvolvimento do SAD SustenAgro, em cooperação com a Embrapa Meio Ambiente, poderia gerar impacto positivo na produção agrícola, já que ele fornece a funcionalidade de avaliar a sustentabilidade na cana-de-açúcar. Este SAD em particular é uma contribuição inédita que também permite a aplicação em outros sistemas agrícolas, o que poderia suportar melhoras e correções na produção de alimentos e produtos neste setor (??).

Para definir um meio computável de representação de conhecimento, foram analisados vários tipos de sistemas de organização de conhecimento ou Knowledge Organization System (KOS). Um dos KOS mais completos são as ontologias porque permitem definir, classificar, relacionar e inferir conhecimento. Por este motivo as ontologias foram selecionadas para representar a modelagem do domínio dos especialistas.

Numa parceria com a Embrapa Meio Ambiente, foi desenvolvida uma ontologia de avaliação da sustentabilidade em cana-de-açúcar junto com os especialistas desta instituição. Nas áreas de biologia e agricultura as ontologias são comuns, desta forma eles não tiveram dificuldade com o conceito. Eles usaram uma Domain Specific Language (DSL) (??) que permite formatar as perguntas aos usuários finais, definir o método de avaliação e gerar

o relatório de cada análise. Os especialistas apreciaram muito a utilização de uma ontologia em um SAD, foi a primeira vez que fizeram isso, e particularmente, o fato de que as mudanças na ontologia, façam mudanças imediatamente nos componentes do SAD.

Além das motivações vinculadas com o domínio dos especialistas em sustentabilidade existe a motivação de desenvolver novas tecnologias. Uma contribuição tecnologia neste sentido na pesquisa foi o Framework Decisioner composto por ontologias e DSLs, cujo propósito é facilitar a implementação de SADs, sendo este framework instanciado para produzir o SAD SustenAgro.

## 1.2 Objetivo

Desenvolver um método e ferramenta web, baseados em ontologias, que permitam representar o conhecimento de especialistas do domínio para suportar a definição de SADs.

### Objetivos específicos

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

- Desenvolver uma ontologia sobre avaliação da sustentabilidade nos sistemas produtivos de cana-de-açúcar do centro-sul do Brasil.
- Desenvolver uma DSL que permita a definição da interface de usuário, das fórmulas do modelo, usado pelos especialistas, e do formato do relatório final de cada análise.
- Definir a arquitetura e o código da ferramenta Decisioner para gerar SADs baseados em conhecimento de domínios específicos. Os SADs gerados usam uma ontologia, desenvolvida por especialistas do domínio e uma DSL, para gerar as interfaces e funcionalidades do sistema.
- Demonstrar que o método e ferramenta Decisioner permitem a criação de SADs funcionais que podem ser modificados por especialistas de domínio. Esses especialistas devem definir a ontologia e modificar o comportamento do sistema com pouca ou nenhuma intervenção de desenvolvedores.

## 1.3 Resultados Principais

As principais contribuições da pesquisa foram:

- Ontologia SustenAgro sobre avaliação de sustentabilidade em cana-de-açúcar, representando os principais conceitos desse domínio: indicadores, índices e métodos de

avaliação. Ela foi desenvolvida em parceria com os especialistas de domínio de sustentabilidade da Embrapa.

- Ontologia sobre controles visuais para suportar a geração automática das interfaces gráficas do SAD SustenAgro. Ela permite associar tipos de dados aos web components que constituem as interfaces dos SADs.
- Uma DSL baseada na linguagem Groovy que permite a definição da interface de usuário, do formato do dados a processar, das fórmulas do modelo e do formato do relatório final de cada análise.
- Método e framework Decisioner para definir SADs por parte dos especialistas do domínio, desenvolvido através do framework Grails.
- O SAD SustenAgro: Sistema para avaliação da sustentabilidade em cana-de-açúcar, na região centro-sul do Brasil, instanciada através do Framework Decisioner.
- Artigo “Sustainability assessment of sugarcane production systems: SustenAgro Method” submetido ao periódico da Elsevier “Energy for sustainable Development” ISSN: 0973-0826.
- Artigo “SustenAgro Sistema de Apoio à Decisão baseado em Ontologias e definido por uma Linguagem de Domínio Específico” submetido ao periódico “Revista Brasileira de Sistemas de Informação” ISSN Eletrônico: 1984-2902.
- Resultados positivos das avaliações do Framework Decisioner, do método de geração de SADs e do Sistema SustenAgro.

## 1.4 Organização da dissertação.

A presente dissertação está estruturada da seguinte forma:

Capítulo ?? : Apresenta a definição de Sistemas de Apoio à Decisão, as características do SAD SustenAgro e os trabalhos relacionados.

Capítulo ?? : Apresenta as Ontologias da web semântica e DSLs, com a finalidade de descrever as principais tecnologias e a teoria necessária para desenvolver a presente pesquisa.

Capítulo ?? : Apresenta o protótipo do Framework Decisioner, que suporta a geração de Sistemas de Apoio à Decisão.

Capítulo ?? : Apresenta o SAD SustenAgro. Desenvolvido neste trabalho como caso de uso do Framework Decisioner. Ele permitiu o desenvolvimento da arquitetura do Decisioner e serviu para avaliar a funcionalidade do mesmo.

Capítulo ?? : Apresenta a avaliação realizada pelos especialistas de domínio em cada um dos sistemas software desenvolvidos e no método de geração de SADs.

Capítulo **??**: Apresenta as conclusões do presente trabalho, dificuldades, trabalhos futuros e uma discussão sobre a pesquisa em geral.

Ao final, são apresentados os anexos que descrevem conceitos de terceiros usados no trabalho e informações técnicas dos sistemas desenvolvidos.



A construção de sistemas que sejam capazes de fornecer suporte ao gestor em um processo de tomada de decisões tem sido um desafio ao longo dos anos. Um dos problemas principais, são as dificuldades relacionadas com a modelagem e o entendimento do conhecimento do domínio. Especialistas de domínio e desenvolvedores de software têm *Backgrounds* e culturas diferentes. Isso faz com que o processo de modelagem desses sistemas seja um processo, na maioria das vezes, lento e custoso, dificultando os processos de desenvolvimento e testes. Por esta razão, foram pesquisados modelos que facilitem o entendimento entre esses dois tipos de profissionais e que permitam uma maior liberdade e participação no desenvolvimento dos especialistas de domínio.

Neste capítulo serão abordados a definição e arquitetura de SADs, o projeto SustenAgro da Embrapa e os trabalhos relacionados.

## 2.1 Definição de SAD

Os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) são uma área de conhecimento ampla e em continua evolução. A definição de SAD deriva da definição de sistema, pois eles contêm um conjunto de partes organizadas para um propósito comum, existem múltiplas definições do termo SAD, a continuação serão apresentadas algumas definições que permitem explicar o propósito deste tipo de sistemas.

??) define os SADs como sistemas software que visam melhorar a tomada de decisão individual ou grupal, combinando o conhecimento do(s) tomador(es) de decisão com dados relevantes de fontes confiáveis, nos quais são aplicados métodos e modelos matemáticos para suportar a análise, comparação e escolha de alternativas no processo de decisão.

??) define que os SADs apoiam o entendimento de processos complexos, auxiliam na comparação dos fenômenos envolvidos e suportam a análise e escolha de alternativas no processo de decisão. Este entendimento do domínio surge da combinação das habilida-

des e metodologias dos especialistas (humanos) à capacidade dos computadores de acessar dados, estruturá-los em modelos, interpretar, formular e avaliar alternativas e cenários distintos.

O conhecimento dos especialistas do domínio está implícito nos SADs. ??) explica que existe uma necessidade de modelar o conhecimento chave de um domínio em um modelo, para permitir a comunicação e colaboração entre especialistas de domínio e os desenvolvedores, pelo qual o modelo de conhecimento dos especialistas será objeto da pesquisa.

A seguir será apresentada a arquitetura dos SAD e explicada a importância dos modelos de conhecimento existentes dentro um SAD.

## 2.2 Arquitetura para Sistemas de Apoio à Decisão

A arquitetura de um software define a organização dele em termos de componentes, de interconexões e das interações com sistemas externos (?). A arquitetura fornece as informações de como os componentes dela relacionam-se, explicando a parte externa das ligações entre seus componentes, sendo que as implementações internas não são consideradas parte da arquitetura (?).

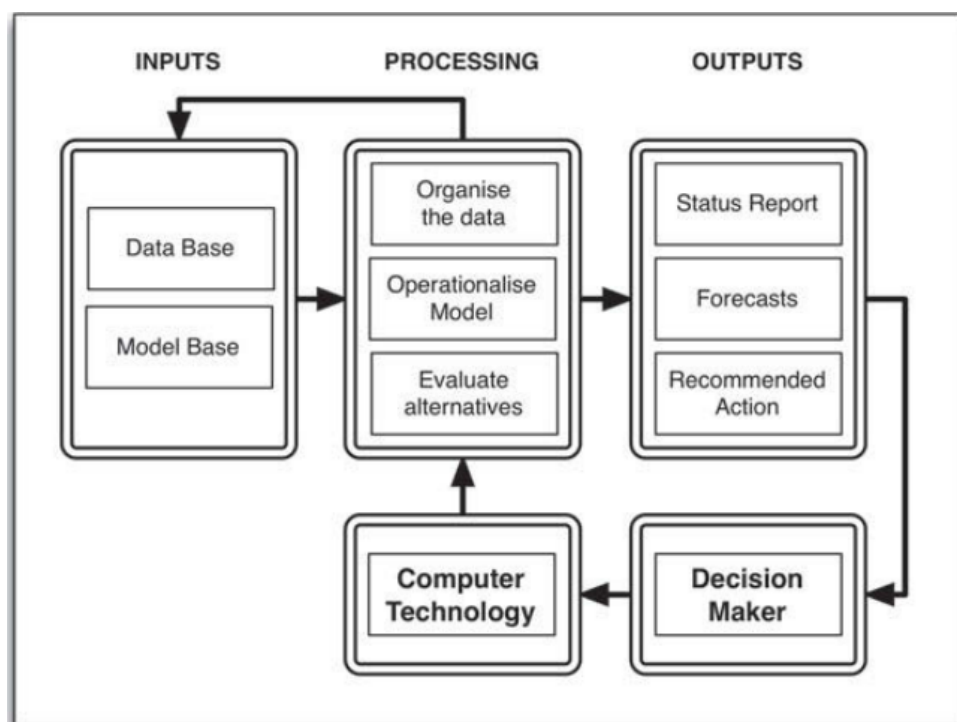


Figura 1 – Componentes de um SAD.

Fonte: Adaptada de ??).

A arquitetura de um SAD pode ser representada pelos componentes descritos na Figura ??, representando o processo realizado pelos SADs, no qual recebem uma entrada,



fazem o processamento dela e retorna resultados que são analisadas pelo tomador(es) de decisão através da tecnologia computacional (??).

A Figura ?? mostra os componentes de um SAD, que são generalizados em:

**Inputs** corresponde às entradas do sistema, composta dos dados que serão processados e dos modelos de conhecimento dos especialistas. Os dados estão armazenados em bancos de dados e os modelos pelo geral estão implícitos no SAD ou podem estar em uma base de conhecimento. Esses dois componentes devem ser o mais precisos e completos possíveis para garantir respostas confiáveis do sistema.

**Processing** está composto pelos modelos e métodos de organização e processamento dos dados, que têm restrições para avaliar as alternativas de resposta. Os métodos podem ser de tipo matemáticos, que processam os dados e geram os resultados do sistema.

**Outputs** são os resultados do processamento dos inputs e permitem comparar as alternativas de decisão. As saídas comuns são relatórios, previsões e recomendações, apresentados por meio de uma interface gráfica para facilitar o entendimento e interação por parte dos usuários.

Durante a evolução dos SAD, várias melhorias aconteceram, entre elas o desenvolvimento da Web permitiu integrar novas técnicas no processamento dos dados, tecnologias na representação visual de resultados e no uso colaborativo por parte dos usuários (??). Também existe a tendência da integração com métodos de inteligência artificial, para estender a aplicabilidade dos SAD a problemas complexos.

Uma variação dos SADs integra bases de conhecimento que suportam inferência, permitindo o desenvolvimento de Expert Systems e Knowledge Based Systems. Esses sistemas são classificados como Rule Based Systems (??), os quais estabelecem o escopo desta pesquisa.

Um tipo de SAD que usa bases de conhecimento, são os SADs baseados em ontologias para representar o conhecimento dos especialistas, permitindo definir, classificar, relacionar e inferir conhecimento.

A seguir será apresentado o SAD SustenAgro, que suporta a avaliação da sustentabilidade em cana-de-açúcar através do uso de ontologias.

## 2.3 SAD SustenAgro

Um domínio de conhecimento caracterizado pela complexidade são os sistemas produtivos agrícolas. Eles envolvem fenômenos de natureza diversa (??), integrando aspectos ambientais, sociais e econômicos.

Particularmente, a produção da cana-de-açúcar e os subprodutos dela, são extremamente importante para a economia do estado de São Paulo e do Brasil, devido ao fato de

ser uma das principais culturas produzidas no país (??). Atualmente a cana-de-açúcar é a mais importante fonte de energia renovável no Brasil (??), permitindo a produção de etanol e de bioeletricidade, além de ter mais de 20 subprodutos, entre eles açúcar, bioplásticos e hidrocarbonetos <sup>1</sup>.

A produção da cana-de-açúcar e dos subprodutos dela, influem em aspectos ambientais consumindo os recursos naturais, em aspectos sociais envolvendo pessoas na produção e em aspectos econômicos na comercialização. Esses aspectos fazem complexo manter a produtividade sem afetar a sustentabilidade. Por essas razões, a Embrapa Meio Ambiente escolheu especificamente o sistema produtivo da cultura de cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil, como sistema piloto para desenvolver métodos e software de avaliação da sustentabilidade (apêndice ??).

Dada a complexidade da análise da sustentabilidade em sistemas de produção agrícola, os pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente trabalharam na definição de métodos que permitissem avaliar a sustentabilidade de maneira integral (??). Por essa razão, desenvolveram o método SustenAgro que aborda a avaliação em termos de indicadores, simplificando a complexidade deste sistema agrícola. Cada indicador mede um determinado aspecto crítico no sistema produtivo, para determinar o quão sustentável ele é. A partir da análise de cada indicador, é possível gerar recomendações de medidas corretivas para as unidades produtivas ou para o embasamento de políticas públicas que incentivem a sustentabilidade. A definição conceitual do processo de avaliação da sustentabilidade em cana-de-açúcar está detalhada no apêndice ??.

A partir do método SustenAgro, foi desenvolvido um sistema software de avaliação da sustentabilidade intitulado SAD 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 SAD SustenAgro suporta a avaliação da sustentabilidade em cana-de-açúcar no centro-sul do Brasil. A figura ?? apresenta a arquitetura inicial do SAD SustenAgro, definida a partir dos requisitos dos especialistas. Esta arquitetura corresponde a um sistema de informação tradicional, que requer a intervenção de desenvolvedores de software, para definir ou atualizar o conhecimento dos especialistas implícito no SAD.

---

<sup>1</sup> <<http://sugarcane.org/sugarcane-products>>



Figura 2 – Arquitetura inicial do SAD SustenAgro .

Os especialistas em sustentabilidade definiram o SAD SustenAgro com as seguintes características:

- Sistema web com banco de dados para armazenar e recuperar as informações do sistema.
- Integração e implementação do método SustenAgro de avaliação de sustentabilidade, descrito no Apêndice ??
- Flexibilidade para adaptar o método SustenAgro a outras culturas.
- Integração com sistemas de georreferenciamento.
- Desenvolvimento de widgets (componentes visuais dos sistemas web) para mostrar resultados obtidos, especificamente a implementação da matriz de sustentabilidade e do semáforo da sustentabilidade (Capítulo ??).
- Geração de relatórios e de recomendações de sustentabilidade.

Um dos problemas identificados foi que os especialistas não tinham uma definição clara do SAD SustenAgro. Pelo que foi necessário realizar um levantamento de requisitos (Capítulo ??), para definir os requisitos funcionais (essenciais) e não funcionais (desejáveis). Além

disso, foi necessário reestruturar o desenvolvimento do SAD SustenAgro para que fosse integrado no processo de pesquisa.

O SAD SustenAgro faz parte de um conjunto de ferramentas de avaliação definidas pela Embrapa Meio Ambiente. A partir do análise das ferramentas similares ao SAD SustenAgro, foi evidenciada a necessidade de fornecer métodos e ferramentas computacionais que organizem a informação. Para apoiar aos especialistas a tomar decisões baseadas em conhecimento, permitindo simplificar a resolução de problemas que de outra maneira não seriam triviais.

Exatamente foi identificado que ditos sistemas tinham em comum um método de avaliação que processava de maneira matemática um conjunto de dados e gerava relatórios com resultados da avaliação, gráficos e recomendações. As ferramentas analisadas foram:

1. Sistema Innova-Tec: avaliação do impacto da inovação tecnológica<sup>2</sup>.
2. Sistema Nano-Tec: avaliação do impacto das nanotecnologias<sup>3</sup>.
3. Sistema GMP-RAM v.1.1: avaliação de Risco de Plantas Geneticamente Modificadas (GMP)<sup>4</sup>.
4. Software para avaliação de segurança e impactos de plantas geneticamente modificadas<sup>5</sup>.
5. Sistema Atlantis: Sistema para levantamento e sistematização da informação técnica em temas de pesquisa, tecnologias e inovação.<sup>6</sup>

Uma característica importante em ditos sistemas foi a existência de conceitos de domínio específico na organização dos dados de entrada dos SAD e no método de avaliação. Esta característica permite identificar que cada um dos sistemas requiriu um processo de modelagem dos conceitos do domínio por parte dos desenvolvedores.

Principalmente identificou-se que a implementação desse conhecimento gerava dificuldades de compreensão entre os especialistas do domínio e os desenvolvedores de software por serem de áreas diferentes. ??), propõe que este conhecimento deve ser representado em um modelo independente.

Baseando-se no anterior, afirmou-se a hipótese de usar um modelo para representar dito conhecimento. E baseando-se no problema de pesquisa, as ontologias foram selecionadas como o modelo mais completo para representar o conhecimento do domínio dos especialistas na definição de SAD, e evitar que o conhecimento ficara implícito no software como aconteceu no desenvolvimento dos SAD listados.

<sup>2</sup> <[http://www.cnpma.embrapa.br/forms/inova\\_tec.php3](http://www.cnpma.embrapa.br/forms/inova_tec.php3)>

<sup>3</sup> <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/951543/metodologia-para-avaliacao-de-impactos-das-nano>>

<sup>4</sup> <[http://www.cnpma.embrapa.br/forms/gmp\\_ram.php3](http://www.cnpma.embrapa.br/forms/gmp_ram.php3)>

<sup>5</sup> <<http://www.cnpma.embrapa.br/nova/mostra2.php3?id=857>>

<sup>6</sup> <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-produtos-processos-e-servicos/-/produto-servico/2102/atlantis---atlantis>>

O uso de uma ontologia permite representar e estruturar o conhecimento de avaliação da sustentabilidade em agricultura, através da definição e atualização de conceitos por parte dos especialistas, permitindo que eles mesmos descrevam o domínio sem precisar dos desenvolvedores. Os especialistas do domínio tem familiaridade com os termos da ontologia e poderão especificar grande parte do conhecimento envolvido no SAD. Idealmente, essa definição deve ser detalhada o suficiente para que os desenvolvedores possam desenvolver a parte computacional do SAD sem necessidade de feedback dos especialistas.

Essa representação de conhecimento pode ser mais exata do que outros modelos, devido a que está em um formato voltado a descrição de conhecimento, sobre o qual é possível fazer inferências que complementem o modelo ou gerar informações para suportar a decisão. A partir desse modelo computável definido pelos especialistas será gerado o SAD SustenAgro.

Devido a este contexto, o SAD SustenAgro foi escolhido como projeto piloto para desenvolver a presente pesquisa, porque permite o desenvolvimento de um SAD baseado em conhecimento e que permite explorar alternativas na definição e geração dos SAD.

## 2.4 Trabalhos relacionados

Com a finalidade de relacionar pesquisas sobre o tema que forneçam ideias e exemplos para abordar o problema, realizou-se uma consulta na literatura por SADs que usassem ontologias do domínio dos especialistas, e SADs semelhantes ao SustenAgro. Foi feita uma pesquisa bibliográfica utilizando fontes de informação acadêmica.

Sobre o uso de ontologias em domínios similares ao SustenAgro:

O vocabulário *Agricultural Vocabulary (AGROVOC)*<sup>7</sup> que é um *thesaurus* (sistema de referência de termos) fornece termos padronizados sobre alimentação, nutrição, agricultura, pesca, floresta e meio ambiente criados de maneira colaborativa e coordenados pela *Food and Agricultural Organization*<sup>8</sup> (FAO).

Esses termos podem ser reutilizados em ontologias (??), permitindo uma padronização com os identificadores dos conceitos, reutilizando informações e integrando os conceitos com outros dados da Linked Open Data (LOD)

??) desenvolveram uma ferramenta com o objetivo de criar um sistema de compartilhamento de conhecimento (*Knowledge Sharing System*), para a ciência da sustentabilidade, por meio de um processo de modelagem semântica. Uma ontologia, fundamentada em lógica descritiva, foi desenvolvida por meio do modelo de dados ISO 15926 para descrever três tipos de conceitualizações de ciência sustentável: conhecimento situacional, métodos analíticos e frameworks de cenários. Os conhecimentos dos especialistas podem ser descritos por meio de afirmações semânticas (*semantic statements*).

<sup>7</sup> Definição do Agrovoc <<http://aims.fao.org/agrovoc>>

<sup>8</sup> Site da FAO <<http://www.fao.org/home/en/>>

??) apresenta uma proposta para modelar conceitualmente fazendas para desenvolver sistemas de gerenciamento que abrangem maiores complexidade do domínio. O objetivo é melhorar o sistema produtivo, principalmente em aspectos de sustentabilidade.

??) apresentam uma ontologia sobre recursos hídricos na agricultura que tem o objetivo de fornecer um meio de recuperação e compartilhamento do conhecimento de especialistas. Esse trabalho tem o objetivo de fornecer um meio de representação de conhecimento em agricultura, mas não aborda maneiras de facilitar seu uso por especialistas sem conhecimento de modelagem.

Cada uma dessas pesquisas fornece um exemplo do uso de ontologias na criação de soluções baseadas em conhecimento. Isto foi confirmado por (??) que afirma que o uso ontologias têm sido realizado em várias aplicações relacionadas a agricultura. Dadas as afirmações dessas pesquisas, pode-se concluir que uma ontologia pode proporcionar o suporte na representação e organização de conhecimento necessário para cumprir os requisitos do sistema SustenAgro.

Sobre a busca de SADs semelhantes ao SustenAgro, encontrou-se que uma estratégia para abordar a complexidade em SADs é a utilização de métodos e metodologias de avaliação que utilizam indicadores, um exemplo desse enfoque é a pesquisa de ??). 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 novos indicadores.

??) apresentam várias estratégias para abordar a complexidade nos sistemas agrícolas. Eles começam relacionando a agricultura com os sistemas socioeconômicos e naturais e enfrentam o problema de gerir suas múltiplas funções, de uma maneira sustentável.

Existem pesquisas que abordam a sustentabilidade através de ferramentas tecnológicas, as quais podem servir de referência ao sistema SustenAgro. Uma delas foi desenvolvida por (??) e consiste em um *framework* (MOeMA-IS) para análise de aspectos de sustentabilidade do estado do Amazonas. Ele usa uma ontologia para descrição de indicadores de sustentabilidade (ISD-Economics Ontology).

??) apresenta um sistema de gestão de conhecimento que fornece serviços computacionais para selecionar e formalizar o conhecimento em agricultura orgânica. Esse trabalho abrange técnicas para formalizar o conhecimento agrícola com a visão de fornecer informações que ajudem a tomar decisões e a adotar práticas sustentáveis.

??) advoga que, na ciência da sustentabilidade, é necessário criar meios que permitam definir conhecimento estruturado e demonstra que as ontologias fornecem o suporte para isso. Ele confirma que as ontologias podem ser o meio de representação de conhecimento que é requerido em sistemas como o SustenAgro, já que a proposta é focada em sustentabilidade.

SADs têm usado ontologias para suportar várias fases do processo de decisão como:

a organização dos dados, seu processamento e a representação da informação produzida (??).

## 2.5 Considerações finais

A partir da análise dos SADs de avaliação apresentados e, particularmente, dos requisitos iniciais do SAD SustenAgro, foi evidenciado que um meio computável de definição de conhecimento por parte dos especialistas permite organizar dito conhecimento para integrá-lo com os SADs.

Segundo o estado da arte dos SADs relacionados com ontologias, permite identificar que as ontologias suportam vários tipos de SADs e domínios de conhecimento. Porém, será avaliada se as ontologias suportam a representação de conhecimento de sustentabilidade e as características do SAD SustenAgro. Também o uso de ontologias permite testar novas possibilidades na definição e geração de SAD baseados em conhecimento.

Desta forma será abordada uma solução ao problema da inexistência de uma representação de conhecimento para definir SADs, que tenha um formato computável, entendível e acessível aos especialistas do domínio e desenvolvedores de software.





---

# Web Semântica e DSLs

---

Ontologias da web semântica e DSLs têm um papel fundamental na criação de um meio de descrição de conhecimento por parte dos especialistas e portanto suportar o design de SADs baseados em conhecimento.

Ontologias servem para representar o conhecimento de especialistas do domínio e DSLs servem para customizar o comportamento dos SADs. As ontologias apareceram originalmente no contexto da filosofia, onde se referem ao estudo da natureza, existência e realidade dos entes. Elas são usadas em vários campos do conhecimento. Neste projeto, ontologias referem-se a representações de conhecimento, que precisam ser implementadas em código. As implementações de software podem trabalhar com ontologias da Web Semântica que fornecem a criação, armazenamento, busca e modificação de ontologias, seguindo padrões de formatos abertos.

Neste capítulo, vamos apresentar e discutir as ontologias da web semântica e as DSLs. Descrevendo a teoria da Web Semântica: fundamentos, Ontologias, o Resource Description Framework (RDF) e a Web Ontology Language (OWL). Finalmente serão abordadas as Domain Specific Languages (DSLs) que são linguagens que permitem definir um meio de comunicação entre os especialistas e o sistema desenvolvido.

## 3.1 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 organização de documentos por meio de “motores de busca” que seja coerente com uma estrutura linguística. (??).

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. (??).

A Web Semântica aparece como uma proposta para organizar o conhecimento da internet semanticamente em formatos entendíveis pelos humanos e máquinas (??). Procurando métodos para que as máquinas consigam realizar a interpretação do significado, que é uma habilidade inata dos seres humanos, através da associação dos conceitos que estão no cérebro por meio de estruturas neurais e que não é suportado pelas máquinas tradicionais.

A Web Semântica tem como finalidade estruturar os dados e informações disponíveis na Web, para que tenham significado e sejam computáveis por máquinas. Gerando um ambiente onde agentes de software e usuários possam trabalhar de maneira cooperativa. A Web Semântica é definida por um conjunto de padrões propostos pelo World Wide Web Consortium (W3C ). A figura ?? apresenta alguns dos padrões que constituem a Web Semântica de maneira cronológica.



"figures/Semantic Web History"-eps-converted-to.pdf

Figura 3 – História da Web Semântica

Fonte: Adaptada de ??).

??) propuseram a Web Semântica, em 2001, como uma extensão da Web atual, na qual é possível vincular conceitos de maneira estruturada e padronizada. Permitindo a criação de conhecimento estruturado, computável por máquinas, que pode ser compartilhado entre humanos e máquinas. A finalidade é criar uma web universal dos conhecimentos da humanidade.

A partir dessa visão conceitual sobre a Web, ??) propuseram uma arquitetura que organiza as representações do conhecimento por meio de camadas, conhecida como Semantic Web Cake, que é ilustrada na Figura ??.



Figura 4 – Arquitetura em camadas da Web Semântica

Fonte: Adaptada de ??).

A base dessa arquitetura é estabelecida pelos padrões Unicode e Uniform Resource Identifier (URI), que padronizam a representação dos dados por meio das seguintes camadas:

**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 os recursos disponíveis na Web por meio de uma String única.

**XML** representa os dados de maneira sintática, através da definição de markups que codificam documentos em formatos preestabelecidos. Ela permite que informações sejam legíveis tanto por humanos como por computadores, suportando as camadas superiores na arquitetura.

**RDF** é um modelo padrão para intercambiar dados na web. RDF tem características que permitem a integração de dados inclusive de esquemas diferentes, e suporta especialmente a evolução dos esquemas através do tempo sem requerer que mudanças nos consumidores de dados. RDF é uma recomendação do W3C<sup>1</sup>.

**Ontology** estende a camada de descrição, fornecendo mais expressividade na definição de conceitos, de classificações, de relações e de inferência.

<sup>1</sup> <<https://www.w3.org/RDF/>>

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

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

**Trust** representa o conhecimento validado e confiável.

**Digital-Signature** permite integrar métodos de segurança que garantam a segurança da informação.

Uma das contribuições importantes da Web Semântica foi a formalização da representação de ontologias (próxima sessão). No desenvolvimento desta pesquisa, foram usadas desde as camadas inferiores até o OWL, permitindo definir ontologias que representam os domínios de conhecimento.

## Ontologias

Existem várias interpretações do conceito ontologia, dependendo da finalidade para qual elas sejam usadas. ??) descrevem 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.

Na ciências da computação e informação, a palavra “ontologia” é definida como uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada de um domínio de conhecimento. ??) definem as ontologias, no contexto da Web Semântica, como um esquema de representação que permite conceitualizar e estruturar conhecimento, permitindo a sua interpretação por computadores, com o objetivo de compartilhar conhecimento entre humanos e computadores.

Uma ontologia é um sistema de organização e representação do conhecimento, do 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.

**Classes** são o foco da maioria das ontologias. Elas 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 (??).

**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.

**Axiomas** são utilizados para modelar regras assumidas como verdadeiras no domínio em questão, de modo que seja possível associar relacionamentos entre os indivíduos, além de fornecer características descritivas e lógicas para os conceitos.

**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 (??). Indivíduos representam objetos do domínio de interesse (??).

Segundo ??), a representação de uma ontologia é feita por meio de lógica de predicados e lógica descritiva, usando padrões adotados pela comunidade, como RDF e OWL. A Figura ?? mostra os níveis de representação de dados na forma de conhecimento processável por máquinas.

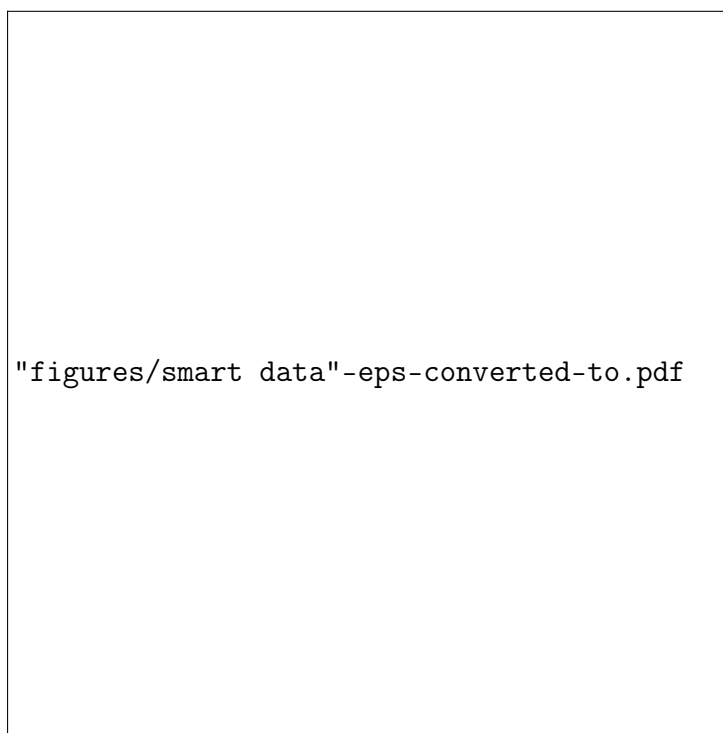


Figura 5 – Smart data continuum: níveis de representação de dados na forma de conhecimento processável por máquinas.

Fonte: Adaptada de ??).

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 (??).

## Resource Description Framework (RDF)

O Resource Description Framework (RDF) é uma família de especificações da W3C, que foi disponibilizada em 1999 como parte do W3C's Semantic Web Effort. Elas fornecem um framework comum que permite que dados sejam compartilhados e reusados através das fronteiras das aplicações, empresas e comunidades <sup>2</sup>. O RDF foi originalmente projetado como um modelo de metadados e também chegou a ser usado como um método de descrições conceituais, principalmente para descrever recursos web e formalmente é um formato de dados de tipo grafo direcionado e rotulado para representar informação na web<sup>3</sup>.

O RDF é usado em várias áreas de aplicação, como *resource discovery*, para melhorar as capacidades dos motores de busca, *cataloging*, para descrever conteúdo e as relações de conteúdo disponibilizados em um sistema web particular, e descrição de *intellectual property rights* de páginas web. Seu modelo básico de dados consiste em um padrão de três tipos de objetos, conhecido como triplas:

- **Sujeito:** representa os recursos e são identificados por meio de URIs. Por exemplo, uma página web ou um elemento HyperText Markup Language (HTML ) podem ser recursos.
- **Predicado:** são aspectos, características, atributos ou relações específicas que descrevem o sujeito, cada predicado têm um significado específico e relaciona um sujeito com um objeto.
- **Objeto:** um recurso específico ou valor de propriedade que representa uma característica do sujeito <sup>4</sup>

Com RDF é possível explicitar relações entre dois objetos (usando-se uma Tripla RDF), mas não é possível fazer modelagens específicas nem inferência. Para descrever detalhadamente o que um objeto representa e suas relações com outros objetos, são necessárias ontologias descritas no padrão OWL.

## SPARQL Protocol and RDF Query Language (SPARQL)

SPARQL é uma linguagem de consulta semântica usada por bancos de armazenamento e recuperação de dados de dados compatíveis com o formato RDF ou que sejam fornecidos como RDF via middleware. Atualmente é um padrão especificado pela W3C e uma das tecnologias principais da web semântica.

<sup>2</sup> <<http://www.w3.org/2001/sw/>>

<sup>3</sup> <<https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>>

<sup>4</sup> <http://www.w3.org/TR/PR-rdf-syntax/>

A versão de SPARQL 1.1, veio com novas características que permitem a atualização de dados em formato RDF, permitindo atualizar, criar e remover dados em formato RDF em um Graph Store<sup>5</sup>.

## 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 organizar informações em nós (??). 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. De acordo com as especificações do W3C<sup>6</sup>, 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 ??). Cada um desses perfis fornece características de expressividade diferente para diversos cenários de aplicação:

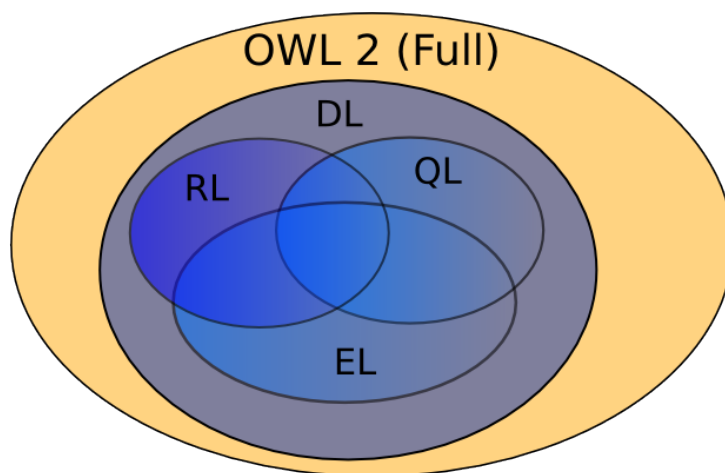


Figura 6 – OWL2 Profiles.

Figura original do W3C <<https://www.w3.org/People/Sandro/owl2-profiles-doc>>

**Full** O perfil OWL Full é direcionado para usuários que querem a máxima expressividade e a liberdade sintática do OWL sem garantia computacional. É improvável que qualquer motor de raciocínio seja capaz de suportar completamente cada recurso da OWL Full (??).

**DL** O perfil OWL DL (Description Logic) é para aplicações que necessitam de máxima expressividade, enquanto mantém a computabilidade (todas as conclusões são garantidas de ser computáveis) e decidibilidade (todas as computações terminarão em tempo

<sup>5</sup> <<https://www.w3.org/TR/sparql11-update/>>

<sup>6</sup> <http://www.w3.org/TR/owl2-overview/>



finito) (??). OWL DL inclui as construções da linguagem OWL, mas elas podem ser usadas somente sob certas restrições.

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

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

## Protégé

O editor de ontologias Protégé (??), é a ferramenta recomendada pela comunidade para criar ontologias em formato OWL, fornecendo:

- GUI Framework: para suportar múltiplas vistas da ontologia e layouts configuráveis de componentes.
- API: para suportar o desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento.
- Modularization: permite suportar a edição de múltiplas ontologias em um mesmo entorno.
- Navigation: fornece buscas globais e locais e hipervínculos nos editores.
- Refactoring tools: verificação de coerência das ontologias.
- Reasoning: compatibilidade com vários reasoner para suportar a inferência.
- Plug-ins: arquitetura extensível que suporta diferentes tipos de plug-ins.

## Triplestores

Uma triplestore é um tipo de banco de dados, baseado em grafos, para armazenar e recuperar fatos (assertions). Esses fatos são representados na forma de triplas no padrão RDF (Seção ??). Dados são armazenados em forma de redes de objetos com vínculos rotulados entre eles (??). Esse tipo bancos de dados é recomendável quando os dados tem uma estrutura flexível, cujas relações não tem um padrão definido.

A triplestore Blazegraph <sup>7</sup> é um dos mais completos bancos de dados baseados em grafos e com suporte SPARQL. Ela integra as características de uma triplestore, fornece suporte nativo à SPARQL e implementa o SPARQL Protocol Endpoint. Esse último, padroniza a comunicação com os clientes e a compatibilidade com os sistemas web, por meio de um Endpoint (um endereço onde requisições em SPARQL podem ser feitas).

O Blazegraph foi escolhido por ter código aberto (Licença GPL) e ser compatível com os padrões da Web Semântica. Mas qualquer triplestore que seja compatível com os mesmos padrões (SPARQL 1.1 e RDF) pode ser usada. As principais características dela são:

- Banco de dado baseado em grafo de alta performance
- Suporte Blueprints API e RDF/SPARQL
- Clusters de replicação altamente disponíveis (HAJournalServer)
- Armazenamento de dados de uma única máquina até ~50B triples/quads (RWStore)
- O armazenamento de dados em cluster é essencialmente ilimitado (BigdataFederation)
- REST API Com deployment embutida e / ou webapp (NanoSparqlServer)
- SPARQL 1.1 nativo
- RDFS+ Inferência e manutenção da verdade
- Triples, quads, ou Reificação feita corretamente (RDR) support
- Gerenciador de memória Java aproveita o JVM nativo heap (no GC)
- API centrada em vértices(RDF\_GAS\_API)
- Licença dupla: GPLv2 ou comercial
- Assinaturas de suporte ao desenvolvedor e produção

---

<sup>7</sup> <<https://www.blazegraph.com/>>

Para desenvolver os sistemas de software, presentes neste trabalho, foram usadas tecnologias da web semântica. Primeiramente foram desenhadas as ontologias em formato OWL, na ferramenta Protégé, depois elas foram exportadas em RDF e, finalmente, integradas no framework Decisioner, que foi implementado usando a triplestore Blazegraph .

O Blazegraph permitiu instanciar as ontologias, em formato RDF, suportar inferência e permitir consultas através da linguagem SPARQL. Essas funcionalidades foram complementadas com ferramentas para edição da ontologia via web (Capítulo ??).

Além das ontologias, foi necessário fornecer um meio de definição de conhecimento mais próximo à linguagem dos especialistas do domínio, para suportar a definição de SADs por parte deles. A solução identificada foi criar uma DSL definida a seguir.

## 3.2 Domain Specific Language (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 que usa expressões próprias dos especialistas daquele domínio. 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. ??) afirma 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 usuário do domínio escreve.

Segundo ??), 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. O conceito não é novo, linguagens de programação de propósito específico existem desde o começo das linguagens de programação, mas o termo tornou-se padrão devido à ascensão da modelagem de domínio específico. DSLs são classificadas da seguinte forma:

- Domain-Specific Markup Languages: são linguagens de um domínio particular com a particularidade de anotar os dados com etiquetas para que eles sejam sintaticamente distinguíveis. Um exemplo delas é a Hypertext Markup Language (HTML), que permite anotar dados no domínio das páginas web.
- Domain-Specific Modeling Languages (specification languages): são linguagens que permitem especificar sistemas com o propósito de modelá-los. São compostas de uma estrutura consistente e de um conjunto de regras que permitem interpretar o significado dos componentes modelados. Uma linguagem desse tipo é a Unified Modeling Language (UML), que permite especificar sistemas de software.

- **Domain-Specific Programming Languages:** são linguagens que permitem a programação em alto nível aplicada a um domínio específico de conhecimento. Uma linguagem desse tipo é a linguagem R que permite a programação de conceitos estatísticos e geração de gráficos.

Segundo o tipo de implementação, as DSLs podem ser divididas em external DSL e internal DSL(??):

**External DSL:** é uma linguagem de domínio específico que é definida com uma sintaxe independente de outras linguagens de programação, tendo como principal vantagem a flexibilidade. A desvantagem é que requer um desenvolvimento de um full parser para processá-la.

**Internal DSL:** é uma linguagem de domínio específico escrita dentro de uma linguagem host existente. A vantagem desse enfoque de definição de DSL é que o tempo e custo de desenvolvimento é menor, em relação a uma DSL externa. Linguagens desse tipo são escritas sobre uma linguagem de propósito geral e, por isso, apresentam a desvantagem de depender das instruções e características da linguagem host, o que, em alguns casos, afeta a flexibilidade e expressividade da DSL que se quer definir.

## Linguagem Groovy

Groovy é uma linguagem dinâmica para a máquina virtual Java (JVM) (??). Ela tem uma sintaxe parecida com Java, suporte para programação funcional, produz JVM bytecodes e interopera bem com código e bibliotecas Java. Traz características de linguagens como Python, Ruby e Smalltalk para uma linguagem similar a Java (??).

O grande benefício que Groovy traz para este projeto é o suporte que a sua natureza dinâmica dá ao desenvolvimento de DSLs. Essas DSLs podem rodar diretamente na JVM e usar bibliotecas Java já existentes. DSLs em Groovy se integram facilmente à própria linguagem Groovy, de modo que não é aparente onde o código em Groovy termina e a DSL começa (??). Isso permite que a DSL seja implementada como uma DSL interna, estendendo a linguagem Groovy (e simplificando a sua criação), mas mantenha uma sintaxe próxima à linguagem usada pelos especialistas de domínio. Como uma DSL interna, ela pode usar ferramentas já existentes para auxiliar a escrita de código em Groovy, como editores com *syntax highlighting* e *code completion*, para a sua edição.

Outra vantagem de Groovy é que ela é uma linguagem para a JVM e existem muitas bibliotecas, em Java, que dão suporte às tecnologias da Web Semântica. Isso inclui bibliotecas como a OWL API, para trabalhar com ontologias em OWL, Apache Jena, para acesso a triplestores, entre outras. Finalmente, os SADs a serem criados serão aplicativos web, Groovy tem um web framework completo e amadurecido, o Grails <sup>8</sup>.

<sup>8</sup>

<<https://grails.org/>>

Grails usa uma abordagem de convenção sobre configuração que usa opções de default razoáveis. Ele se integra bem com a JVM e tem características como ORM integrado, DSLs, metaprogramação durante runtime e compile-time, e programação assíncrona (??).

Uma DSL pode suportar a definição do comportamento de um SAD, fornecendo uma solução compatível com os termos usados pelos especialistas. Isso facilita que eles possam especificar o comportamento de um SAD com um alto grau de detalhamento, suficiente para diminuir ou evitar a necessidade de intervenção de desenvolvedores de software. Especialistas podem se tornar, na prática, programadores de seus próprios SADs.

Neste projeto, DSLs servem para customizar o comportamento dos SADs. Por isso, uma Domain-Specific Programming Language em Groovy foi desenvolvida. Ela faz uso da ontologia para organizar o conhecimento do domínio e definir o comportamento dos SADs.

### 3.3 Considerações finais

A partir do problema identificado e da revisão da literatura, foi concluído que o desenvolvimento de ontologias é um área de pesquisa (abrangida pela Web Semântica) que permite desenvolver sistemas web baseados em conhecimento, satisfazendo os requisitos de desenvolvimento do SAD SustenAgro (Capítulo ??).

Porém, a definição de uma ontologia não é uma tarefa trivial, existem dificuldade, por parte dos especialistas do domínio, para formalizar ontologias. Diante deste cenário, foram analisadas varias soluções e encontrou-se que, fornecendo ferramentas simplificadas para edição e complementando ontologias com uma DSL, é possível facilitar a definição dos conceitos de um SAD e seu comportamento por especialistas.

No próximo capítulo, será apresentado o Framework Decisioner. Ele faz uso das tecnologias, abordadas neste capítulo, para definir um framework que facilita a definição de conhecimento dos especialistas com a finalidade de gerar SADs.



---

## Framework Decisioner

---

A partir da descrição das características do SAD SustenAgro (Seção ??), do requisito de modelar o conhecimento através de ontologias (usando tecnologias da Web Semântica) e de definir uma DSL para facilitar a definição de comportamentos por parte dos especialistas, foi modelado e desenvolvido um protótipo de um framework, intitulado Decisioner, que permite definir e gerar SADs do tipo do SustenAgro. O framework Decisioner é basicamente formado por ontologias, que representam conhecimento do domínio, e por uma DSL que permite definir comportamentos e estabelecer configurações gerais de um SAD.

Satisfazer os requisitos requeridos pelos pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente foi uma das forças que dirigiram o desenvolvimento desta pesquisa. Para chegar a arquitetura, aqui apresentada, houve um trabalho iterativo para chegar aos requisitos que eram gerais, que deveriam estar no framework, e os que eram específicos, que deveriam estar definidos na ontologia ou na DSL do SustenAgro.

Neste capítulo será apresentado a arquitetura do protótipo Decisioner, cada um dos seus componentes e funcionalidades e as contribuições para esta pesquisa.

### 4.1 Arquitetura do Decisioner

Os SADs, segundo a descrição feita no capítulo ??, são compostos por banco de dados, base de conhecimento, módulo de processamento da informação e módulo gerador de resultados. Em cada um desses módulos, está implícito o conhecimento dos especialistas, pelo qual a primeira característica definida do Decisioner foi a integração de ontologias.

As ontologias permitem a definição do conhecimento dos especialistas em um componente independente. Ele é complementado pela DSL, que permite definir comportamento e características do SAD. O diagrama para a arquitetura desenvolvida para essa solução é apresentado na figura ?. Com base nesse diagrama, os componentes dos SADs foram generalizados e, por meio do desenvolvimento de experimentos, foi definida uma arquite-

tura que pode ser reusada em diferentes SADs (do mesmo tipo do SustenAgro).

O Decisioner pode ser classificado como um framework. Já que é uma plataforma de software com design reutilizável e implementações reutilizáveis pelos clientes, que o especializam em um domínio particular (??).

A arquitetura do framework Decisioner é composta pelos componentes gerais para a definição de SADs, apresentados na Figura ??.

Usuários especialistas podem interagir com o framework através dos editores de ontologias e DSL. Usuários finais interagem através da sua interface Web.



Figura 7 – Arquitetura do Decisioner

Os componentes dessa arquitetura são:

1. **Domain ontology:** representa os conceitos específicos dos especialistas que serão utilizados no SAD.
2. **Decisioner ontology:** faz uma ligação entre os tipos de dados e as interfaces gráficas capazes de mostrar ou editar esses dados, fazendo um mapeamento entre os dois.



3. **Ontology Editor:** componente que permite editar as ontologias em um formato mais fácil para o uso pelos especialistas.
4. **Triplestore:** sistema de armazenamento e recuperação da informação em formato de triplas RDF, (explicado em detalhe na seção ??). Ele permite o gerenciamento de dados e ontologias em formato RDF. Através da linguagem padrão SPARQL Protocol and RDF Query Language (Sparql) (??).
5. **DSL code:** representa uma instancia da DSL com as definições particulares para um SAD específico.
6. **DSL Editor:** Editor visual web da DSL com recursos como code completion e syntax coloring. Permite a edição da DSL por parte dos especialistas do domínio.
7. **Web components:** conjunto de elementos visuais que podem ser reusados nos SADs com a finalidade de modularizar e simplificar a geração de Web User Interfaces (UI).
8. **DSL Interpreter:** Interpretador da DSL para processar as definições do SAD e criar um SAD específico. Ele usa a DSL, ontologias e componentes web para gerar automaticamente a interface e comportamento de um SAD específico.
9. **Web UI:** Interfaces visuais geradas pelo DSL Interpreter. Utilizam os Web Components e fornecer a interface gráfica, usadas pelos usuários finais, na interação com o SAD na Web.

Essa arquitetura foi implementada em um protótipo Decisioner. Sempre que possível, na implementação do Decisioner, foram reutilizados componentes ou bibliotecas disponíveis publicamente na internet.

## 4.2 Metodologia

Com a finalidade de desenvolver o protótipo do framework Decisioner, escolheu-se o SAD SustenAgro como um caso de uso e exemplo de instanciação. Ele permitiu a definição de uma metodologia de desenvolvimento para os componentes. Teria sido interessante instanciar o framework para um segundo SAD, para demonstrar melhor sua generalidade. Contudo, dada as limitações de tempo impostas a um trabalho de mestrado e ao tempo necessário ao desenvolvimento do framework, isso não foi possível. No decorrer deste texto, foram feitas algumas considerações sobre a generalidade do framework. A metodologia abordada durante este processo, incluiu as seguintes etapas:

1. Seleção da Triplestore: foram avaliadas as triplestores existentes com a finalidade de definir uma que se adaptasse aos requisitos do framework.

2. Seleção da linguagem de programação e framework web: foi realizada uma verificação das tecnologias de desenvolvimento de sistemas web compatíveis com as tecnologias da web semântica e com a DSL.
3. Design da DSL: Durante o processo de desenvolvimento do SAD SustenAgro, foram generalizados seus componentes, permitindo definir cada uma das características da DSL. O processo foi iterativo, permitindo refinar a expressividade da linguagem com a ajuda de especialistas da Embrapa.
4. Desenvolvimento do DSL editor: implementação de uma web UI que permite editar a DSL em formato textual, fornecendo aos especialistas um editor moderno. Modificações na DSL podem ser vistas no SAD imediatamente.
5. Desenvolvimento do Ontology Editor: implementação de uma web UI com componentes específicos para suportar a edição das ontologias, por parte dos especialistas, em um formato textual.
6. Desenvolvimento do DSL Interpreter: o interprete da Decisioner DSL. Esse componente tinha que ser atualizado a medida que o design da DSL mudava.
7. Integração com web components e web UIs: Widgets gráficas, na forma de Web components suportam a geração das Web UIs que compõem os SADs. Widgets foram adicionadas para atender as necessidades do SustenAgro.

A metodologia de desenvolvimento foi guiada pelo desenvolvimento do SAD SustenAgro. Primeiramente foram desenvolvidas as ontologias, continuando com o desenvolvimento do DSL Interpreter e depois com a integração dos web components e UIs. Foram realizados vários ciclos de desenvolvimento para refinar as funcionalidades. A Figura ?? representa a metodologia realizada.

A seguir, cada componente da arquitetura do Decisioner é discutido, começando pela ontologia Decisioner.

### 4.3 Ontologia Decisioner

Para desenvolver um protótipo de uma ontologia geral, que abstraísse os conceitos dos SADs, foram analisados os sistemas SAD desenvolvidos pela Embrapa Meio Ambiente, descritos na seção ??.

A versão inicial da ontologia foi modelada na ferramenta Protégé, no formato OWL. Depois foi criado um novo formato, usando o YAML Ain't Markup Language (YAML ), mais simples que OWL, para ser usado pelos especialistas no Ontology Editor, explicado na seção ??.

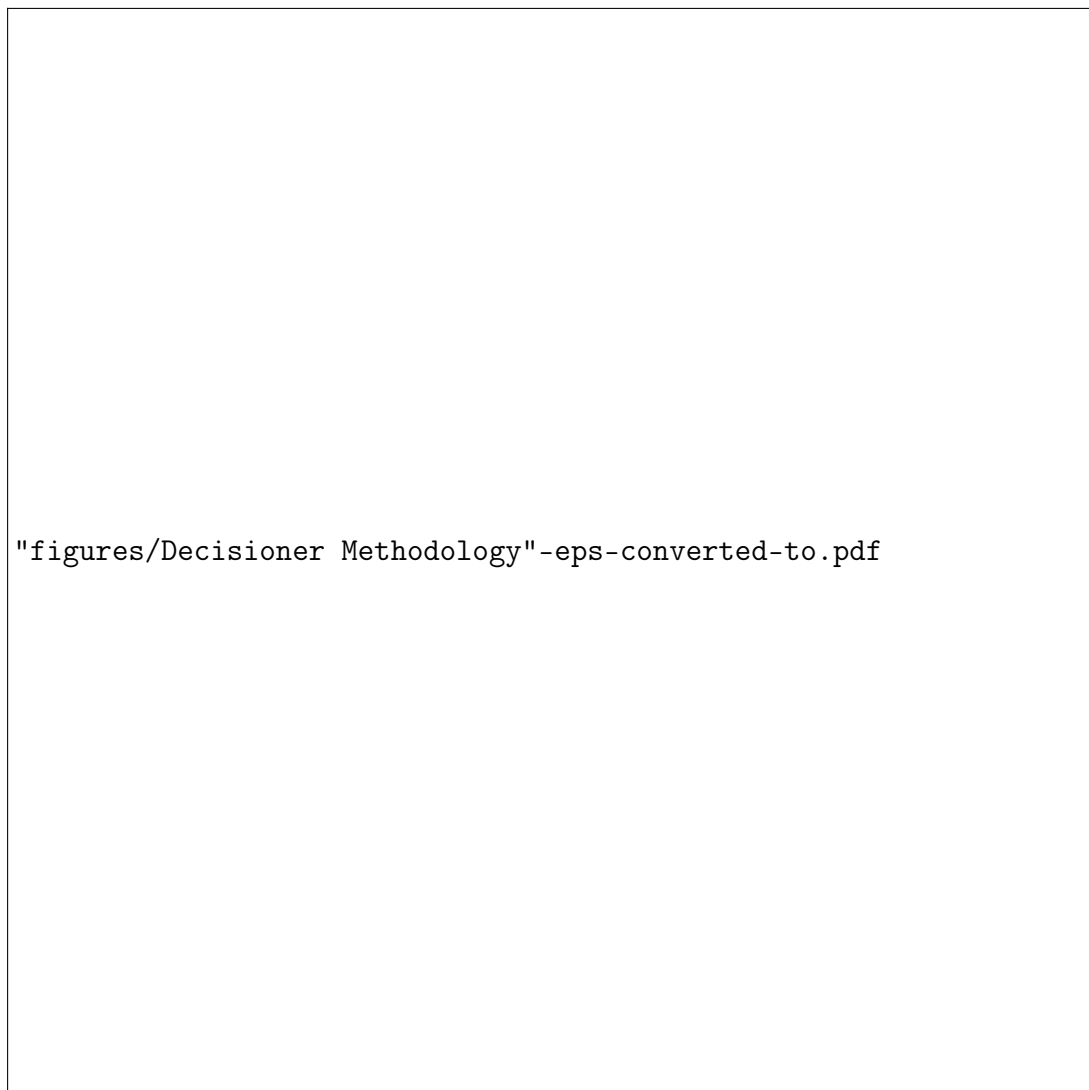


Figura 8 – Metodologia de desenvolvimento do Decisioner

A ontologia Decisioner contém os elementos comuns identificados e abstraídos dos SADs da Embrapa, e tem o propósito de fornecer uma ontologia geral que dê suporte a SADs diferentes.

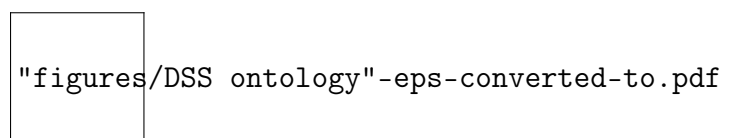


Figura 9 – Modelagem abstrata do SAD

Na Figura ??, é apresentada a hierarquia de classes resultante. Ela contém as classes:

**Evaluation Object:** classe que representa os objetos que serão analisados em cada processo de avaliação. Eles serão indivíduos dessa classe ou de alguma subclasse dela.

**Feature:** classe que representa as características a avaliar em um Evaluation Object. Elas serão quantificadas, analisadas e usadas no processo de geração de relatórios no processo de avaliação. As Features têm associado um Value que as quantifica. Existe a subclasse *Weighted* que representa uma Feature vinculada a um peso. Esse peso pode ser usado nas fórmulas para o cálculo dos modelos codificados pelos especialistas.

**Place:** classe que representa a localização física dos objetos modelados, permitindo referenciar geograficamente um Evaluation Object.

**Analysis:** classe que representa uma avaliação associada a um Evaluation Object. Suas instâncias têm propriedades, como nome e data da avaliação, e correspondem a uma avaliação cadastrada.

**Value:** classe que representa os valores que são atribuídos a cada instância de Feature. As subclasses Real e Categorical representam tipos de valores.

**User:** classe que representa os usuários do sistema.

**Role:** classe que representa os papéis de usuário do sistema e suas permissões. Por padrão, estão instanciados os perfis User e Admin.

A partir dessas classes é possível organizar os conceitos específicos de cada SAD como subclasses delas. Um aspecto importante das ontologias é que suportam a inferência de novos conhecimentos, permitindo classificar e relacionar dados novos do sistema, ajudando desta maneira na automatização da geração dos SADs. Isso permite ao DSL Interpreter mapear qualquer conceito novo, específico de um SAD em particular, a um desses conceitos conhecidos e saber o que deve ser feito com ele.

## 4.4 Ontology Editor

Para suportar a edição das ontologias do domínio, por parte dos especialistas, foi implementado um editor web. Ele permite editar a ontologia específica do SAD em um formato baseado em YAML, a descrição da ontologia neste formato passa a um conversor para ficar no formato OWL que é processado pela API de protégé para instanciar a ontologia com as restrições definidas e finalmente exportado como RDF para ser substituído na triplestore Blazegraph, este processo é realizado a cada vez que o usuário salva a ontologia.

A Figura ?? mostra uma imagem do editor. Ela mostra o código da ontologia em formato YAML, um side panel, que apresenta as classes, propriedades e indivíduos hierarquicamente (permitindo a referência dos elementos no código), um button restore para restituir a ultima versão da ontologia e um button save para salvar e carregar no Decisioner a ontologia em edição.

Idealmente, especialistas de domínio deveriam poder criar a ontologia usando um editor gráfico. Mas devido as restrições de escopo de um projeto de mestrado, não haveria

tempo para criar um. A criação de uma ferramenta, como um editor gráfico, teria o escopo de um novo mestrado.

Usar um editor para OWL, como o Protégé, exigiria que os especialistas de domínio aprendessem OWL e lógica descritiva, o que não é uma opção viável. Este editor de ontologias é uma solução intermediária. Ele adota um formato em YAML, menos complexo que OWL, mas expressivo o suficiente para as necessidades das ontologias. Ele ajuda os usuários a encontrar os elementos da ontologia (side panel) e permite a inserção da ontologia no Decisioner. Apesar de ser possível aos especialistas desenvolver uma ontologia totalmente nova, usando o editor, seu objetivo é permitir que eles possam fazer modificações localizadas nas ontologias.

A ontologia definida em este editor será usada para definir a estrutura dos SADs, as funcionalidades dos SADs são descritas na DSL apresentada a seguir.

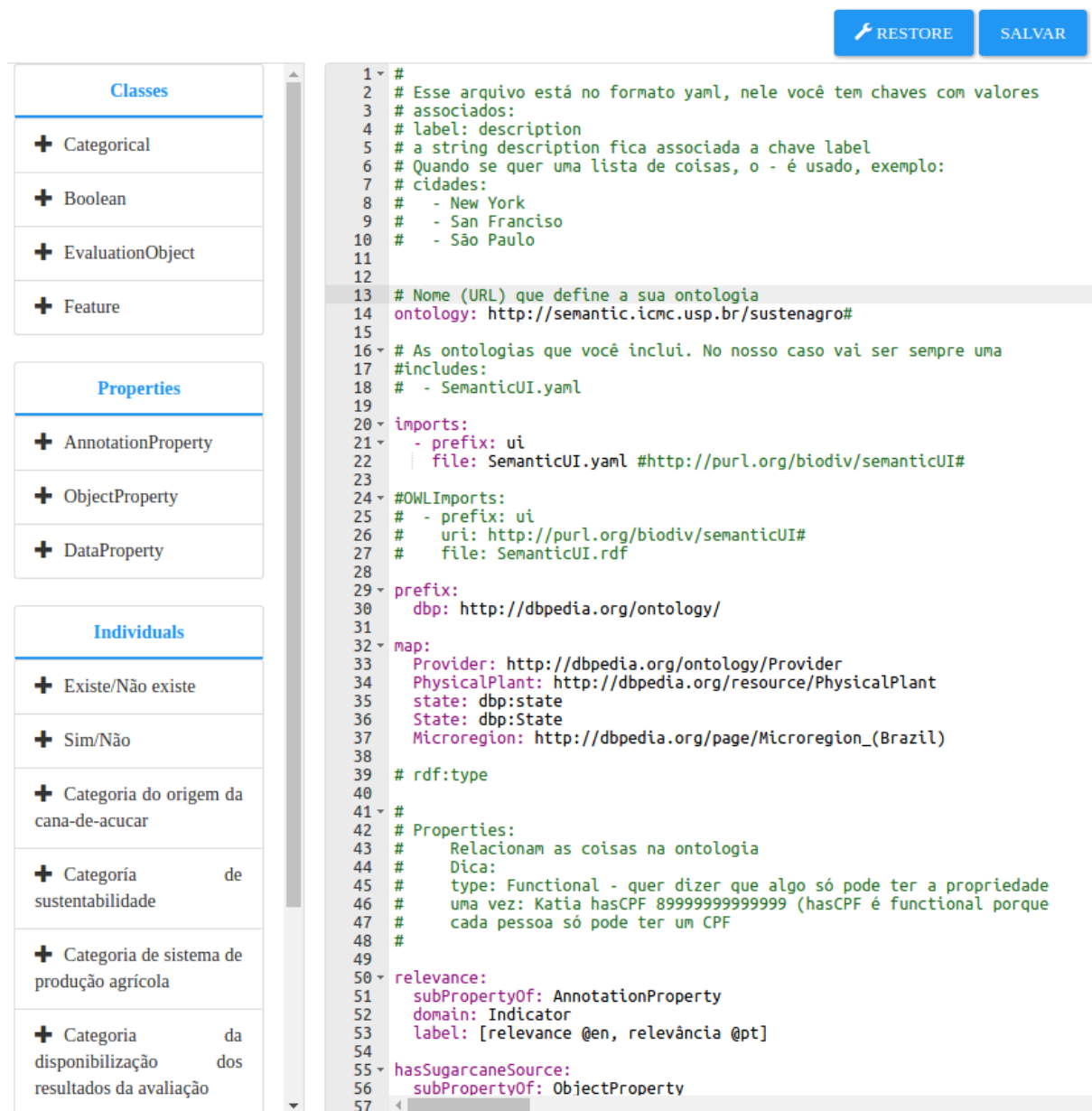


Figura 10 – Editor de ontologia

## 4.5 Decisioner DSL

Para permitir que os especialistas definam o comportamento do framework Decisioner, foi definida uma DSL que permite definir as principais características de um SAD. Tal DSL foi baseada na modelagem geral da arquitetura do Decisioner e permite relacionar conceitos específicos dos especialistas, criar equações para os modelos usados, gerar a interface web para o usuário final, servindo de interface entre a ontologia do Decisioner e a ontologia do domínio.

A DSL foi baseada na linguagem Groovy, porque ela suporta o desenvolvimento de DSLs que se comportam como extensões da linguagem Groovy.

O uso da DSL, por parte especialistas, diminui o esforço necessário no desenvolvimento de um SAD. Ela permite que os próprios especialistas sejam capazes de fazer parte do desenvolvimento e validação do SAD. Especialmente na parte de refinamento e atualização do SAD, especialistas podem fazer modificações no sistema sem a ajuda de programadores e ver o resultado dessas mudanças imediatamente.

As instruções definidas na DSL são:

## Evaluation Object

Nos SAD focados na avaliação, existe um objeto de avaliação que representa as entidades a serem avaliadas. Esse objeto é constituído por propriedades que especificam o que está sendo avaliado. A instrução *evaluationObject* permite definir as propriedades desse objeto. Por exemplo, caso uma fazenda esteja sendo avaliada, é possível criar propriedades como nome, tipo de produção, localização, etc.

A instrução tem como argumentos a URI (ou label) da classe da ontologia do domínio, que será objeto de avaliação, e cada uma das propriedades relacionadas. A Listagem ?? apresenta um exemplo que usa a classe *ProductionUnit*, como classe dos objetos a serem avaliados e define as propriedades *hasName*, para nome, e *hasAgriculturalProductionSystem*, para tipo de produção. Podem ser usados os labels das propriedades, ao invés de suas URIs.

---

### Código-fonte 4.1 – Definição do 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. Ela pode ser complementada por parâmetros que customizam a representação visual da propriedade. O comando *type* faz com que os EvaluationObject tenham que ser de subclasses da classe principal. Por exemplo, uma unidade produtiva pode ser uma plantação greenfield (mecanizada e uniforme), fazenda familiar, etc. Os parâmetros que podem complementar as instruções anteriores são:

1. *required*: define uma propriedade obrigatória
2. *label*: define um texto associado
3. *placeholder*: define um texto de ajuda

4. *widget*: define um controle gráfico de usuário

## Feature

A instrução *Feature* define as características, do Evaluation Object, que serão usadas na sua avaliação. O DSL Interpreter vai gerar uma interface gráfica, onde o usuário final terá que preencher os dados sobre cada característica. Cada característica tem um tipo associado a ela (na ontologia de domínio). A partir dele, é possível associar uma widget específica para edição. Por exemplo, a Figura ?? mostra a widget para uma característica que tem um tipo categórico (Controle biológico de pragas) com 2 possíveis valores (Sim e Não). Os textos mostrados vêm da ontologia e fazem parte da descrição de cada elemento. É possível criar descrições em mais de uma língua.



Figura 11 – Widget geradas a partir da definição da DSL

Quando o usuário final usa a widget, o valor escolhido é anotado, no Evaluation Object, usando a propriedade *has value*. Nas fórmulas, usadas para os cálculos do modelo usado, é possível acessar esses valores. Os usuários não precisam preencher a todas as características.

---

### Código-fonte 4.2 – Definição de Features

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

---

O comando tem como argumento uma URI (ou label) (Listagem ??) que vincula todas as subclasses da classe referenciada. O parâmetro opcional *extraFeatures* permite ativar a inserção de novas *features*, por parte do usuário do SAD.

## Report

O comando *Report* permite definir as fórmulas e procedimentos matemáticas necessários para o cálculo do modelo usado pelos especialistas de domínio, e como os resultados serão apresentados (Listagem ??). Fórmulas e procedimentos para modelagem matemática são de responsabilidade dos especialistas de domínio. A DSL permite desde fórmulas



simples, de uma linha, até o uso de bibliotecas complexas, chamadas usando a JVM. Como a DSL é uma extensão da linguagem Groovy, qualquer comando da linguagem pode ser usado nela, incluindo operações lógicas e aritméticas. Para facilitar o trabalho dos especialistas de domínio, recomenda-se encapsular qualquer algoritmo ou chamada de função mais complicados em um comando simples.

As fórmulas usadas têm acesso a todos os dados associados às *Features*, pelos usuários finais. Esses dados são usados no modelo adotado e podem gerar múltiplos resultados de avaliação. Na Listagem ??, o comando *weightedSum(data.':EnvironmentalIndicator')* calcula a média ponderada de todos os indicadores ambientais fornecidos pelo usuário final. Esse comando foi criado para simplificar o trabalho dos especialistas. Biblioteca de comandos, como essa, podem ser adicionadas ao framework ou criados a pedido dos especialistas.

---



---

Código-fonte 4.3 – Definição da lógica de avaliação.

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

---

Os resultados do processo de avaliação podem ser apresentados por meio de várias *widgets* que facilitam a representação e compreensão dos resultados da avaliação. No algoritmo ?? o comando *sustainabilityMatrix x: sustainability, y: efficiency* apresenta os valores das variáveis *sustainability* e *efficiency* em um gráfico de matriz de sustentabilidade (Figura ??). Para executar esse comando, o DSL Interpreter simplesmente coloca a widget *suatustainabilityMatrix* na UI e passa os valores das variáveis, como atributos. A widget vai ser responsável por criar o gráfico. Essas widgets gráficas podem ser criadas como Web Components padrão (HTML 5) ou componentes do framework Grails (Seção ??). O framework vem com um conjunto de widgets predefinidos, mas novas podem ser adicionadas.

---



---

Código-fonte 4.4 – Definição dos componentes visuais do relatório.

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

---

Por meio dos comandos da DSL, é possível definir o comportamento e as características gerais dos SAD.

Os elementos gráficos (widgets), seja os que representam as Features ou os usados nos relatórios, são implementados como Web Components HTML 5 ou Grails. Isso dá muita flexibilidade ao framework Decisioner. A qualquer tempo é possível se acrescentar novas widgets, para novos tipos de dados (Features) ou gráficos de relatórios.

## 4.6 DSL Editor

Para suportar a edição da Decisioner DSL, foi implementado um editor textual web que permite aos especialistas editar e rodar o código da DSL. Ele é composto por um editor de código para a DSL, um button restore para carregar novamente a última versão válida da DSL e um button save para salvar e carregar a DSL no DSL Interpreter.

A Figura ?? mostra o editor em ação.



```

103 feature ':EnvironmentalIndicator', 'extraFeatures': true
104
105 feature ':EconomicIndicator', 'extraFeatures': true
106
107 feature ':SocialIndicator', 'extraFeatures': true
108
109 feature ':ProductionEfficiencyFeature'
110
111 feature ':TechnologicalEfficiencyFeature', {
112   conditional ":ProductionUnit", 'http://dbpedia.org/ontology/Provider', {
113     include ':TechnologicalEfficiencyInTheField'
114   }
115   conditional ":ProductionUnit", 'http://dbpedia.org/resource/PhysicalPlant', {
116     include ':TechnologicalEfficiencyInTheIndustrial'
117   }
118 }
119
120 data 'data'
121
122 report {
123   environment = weightedSum(data.':EnvironmentalIndicator') //equation({value*weight})
124   economic    = weightedSum(data.':EconomicIndicator')
125   social      = weightedSum(data.':SocialIndicator')
126
127   sustainability = (environment + social + economic)/3
128
129   cost_production_efficiency = sum(data.':ProductionEfficiencyFeature')
130
131   technologicalEfficiencyInTheField = 0.8*weightedSum(data.':TechnologicalEfficiencyInTheField') //equation
132   technologicalEfficiencyInTheIndustrial = 0.2*weightedSum(data.':TechnologicalEfficiencyInTheIndustrial')
133
134   efficiency = cost_production_efficiency *
135     (technologicalEfficiencyInTheField+technologicalEfficiencyInTheIndustrial)
136
137   evaluationObjectInfo()
138
139   sustainabilityMatrix
140     x: sustainability,
141     y: efficiency,
142     label_x: ['en': 'Sustainability index', 'pt': 'Indice da sustentabilidade'],
143     label_y: ['en': 'Efficiency index', 'pt': 'Indice de eficiência'],
144     range_x: [-60,60],
145     range_y: [-70,710],
146     quadrants: [4,3],

```

Figura 12 – Editor DSL

O Editor de código foi baseado no Ace Editor<sup>1</sup>, que fornece syntax highlighting para várias linguagens de programação, entre elas Groovy. Como a DSL foi baseada em Groovy, o editor foi configurado para reconhecer a sintaxe de Groovy. Também foi ativado o suporte para code completion para fornecer uma experiência de uso mais amigável.

<sup>1</sup> <<https://ace.c9.io/>>

A principal vantagem desse editor é a funcionalidade de salvar a ontologia e reconfigurar o SAD imediatamente, permitindo uma experiência em tempo real de redefinição do SAD. Se o usuário errar algo, ele pode simplesmente restaurar as configurações default.

O editor da DSL tem compatibilidade com Web Components, tanto os fornecidos pelas bibliotecas integradas no Framework Decisioner, como com os Web Components do Framework Grails e, adicionalmente, podem ser definidos Web Components especializados.

## 4.7 Web Components

Web Components <sup>2</sup> é um conjunto de APIs padrão para definir novas tags HTML personalizadas, reutilizáveis e encapsuladas para o uso em páginas ou aplicações web. O framework Grails também disponibiliza o uso de layout templates para implementar partes reusáveis de uma view (página HTML). Com essas duas tecnologias, é possível a criação de componentes (ou widgets) reusáveis da UI.

Para suportar a geração de diferentes tipos de SADs, foi necessário disponibilizar vários tipos de widgets que permitissem visualizar e editar diferentes tipos de dados. Para relacionar os web components com o conhecimento dos especialistas, modelou-se, na ontologia Decisioner, os data-types que permitem relacionar os tipos de dados com widgets específicas (capazes de editá-los), usadas nas web UIs dos SADs gerados. Os dados das Features dos SADs podem ser de vários tipos e, para cada tipo, existe uma widget apropriada para visualiza-o. Por exemplo, para representar uma propriedade de tipo numérico discreto é possível usar uma widget visual tipo spinner.

Nos relatórios, os especialistas devem contar com widgets para apresentar seus resultados em vários formatos, como tabelas, mapas, matriz de sustentabilidade, etc. Essas widgets podem ser específicas para um tipo de SAD em particular. Por isso, além do framework contar com uma biblioteca de widgets prontas, deve ser possível adicionar novas widgets facilmente. Ao usar padrões, como para Web Components, o framework permite a fácil inclusão de widgets novas. Não se espera que os especialistas de domínio criem essas widgets, mas sim que seja fácil para eles consegui-las de desenvolvedores independentes (que só precisam conhecer o padrão para Web Components e os requisitos da widget).

O framework Decisioner tem uma biblioteca de web components (widget) construída usando o web framework Bootstrap <sup>3</sup>, que conta com diversos componentes básicos para a geração das Web UI. A maioria deles foi definida usando as layout templates do framework Grails, por ser mais fácil de programar. Atualmente, apenas dois componentes usam Web Components.

<sup>2</sup> <<https://www.webcomponents.org/introduction>>

<sup>3</sup> <<http://getbootstrap.com/>>

## 4.8 Web UI

A Web UI é uma interface web de usuário responsável por toda a interação com o usuário final. Ela permite apresentar e editar as informações do SAD, gerar as análises e visualizar os resultados na web ou em relatórios impressos. O mais importante é que ela é gerada automaticamente pelo DSL Interpreter, usando a DSL e ontologias particulares a cada SAD.

A Figura ?? apresenta uma Web UI que foi gerada automaticamente, a partir da ontologia e das definições na DSL do SAD SustenAgro. Nela são apresentados vários tipos de Web Components que demonstram o suporte a diferentes tipos de dados.

Register new production unit / farm:
[Select production unit / farm](#)

**Production unit or farm name\***

Name

**Agricultural production system\***

	Options
<input checked="" type="radio"/>	Sugarcane production system

**Production unit type\***

	Options
<input type="checkbox"/>	Provider
<input type="checkbox"/>	Plant

**Sugarcane source\***

	Options
<input type="radio"/>	Lease origin
<input type="radio"/>	Own origin
<input type="radio"/>	Supplier origin

**Availability of evaluation results\***

	Options
<input type="radio"/>	Private
<input type="radio"/>	Public

Register

Figura 13 – Web UI com web components

Parte da Web UI é igual para todos os SADs, como formulários de login. O resto dela é gerado com a ajuda dos Web Components. Eles são relacionadas aos tipos de dados existentes no sistema, por meio da ontologia Decisioner. Por exemplo, dados podem ser dos tipos numérico contínuo, numérico discreto, percentagem, booleano, categóricos ou alfanumérico. Dada essa diversidade, os tipos de dados foram modelados em ontologias com a finalidade de permitir a adaptação automática (ou semiautomática) da interface às mudanças dos conceitos do domínio.

Mudanças no layout geral podem ser feitas também através da edição das Cascading Style Sheets (CSS) do Decisioner. É esperado que, quando da instalação do sistema, técnicos de informática façam uma customização do sistema para adequá-lo aos padrões de apresentação da instituição. Eles também devem incluir qualquer Web Component (widget) necessário mas não disponível por default no Decisioner.

## 4.9 DSL Interpreter

O DSL Interpreter é o principal módulo do framework Decisioner. A sua principal funcionalidade é a interpretação das DSLs. Ele executa cada uma das instruções da DSL, vinculando dados e informação, das ontologias ou fornecidos pelos usuários finais, aos web components com a finalidade de gerar as Web UIs.

Para interagir com os dados da ontologia e apresentá-los na linguagem dos especialistas, foi necessário criar, no DSL Interpreter, uma camada de consulta de dados na triplestore para simplificar as consultas SPARQL (Figura ??). Esta camada, Sparql Simplifier, foi desenvolvida como uma solução eficiente para a recuperação de informações semânticas de um domínio de conhecimento usando um formato simplificado.

O componente DSL Interpreter processa as instruções dos especialistas na linguagem Decisioner DSL. Foram utilizadas técnicas padrões para a criação de DSLs usando a linguagem Groovy(?), o que facilitou a definição das DSLs.

Finalmente, o DSL Interpreter usa o UI Renderer para renderizar dinamicamente as Web UIs usando os Web Components. Esse processo é repetido toda vez que usuários solicitam uma View de um SAD. A figura ?? apresenta o DSL Interpreter e os outros módulos com os quais ele se conecta.

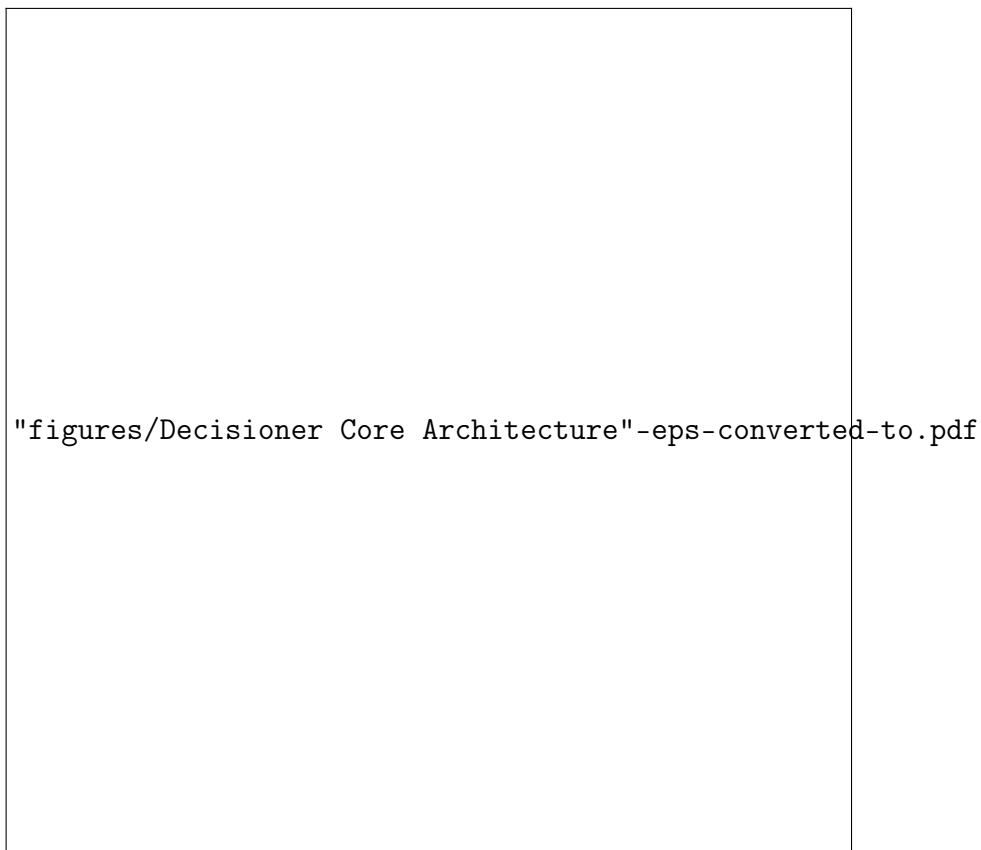


Figura 14 – Arquitetura do DSL Interpreter.

A figura ?? também representa a parte computacional do método proposto nesta pesquisa para definir SADs. O método consiste em representar o conhecimento dos especialistas em ontologias da web semântica e complementar com uma DSL que descreve os conceitos de evaluation object com features, método de avaliação e relatório de resultados, permitindo desta maneira definir o SAD por parte dos especialistas.

#### 4.10 Considerações finais

Neste capítulo foram apresentados os principais componentes do Framework Decisioner, existem características dele como o gerenciamento de usuários e segurança que foram desenvolvidos, mas não se especificaram porque não contribuíram de maneira relevante ao desenvolvimento da pesquisa.

O desenvolvimento do Framework Decisioner foi realizado simultaneamente com o SAD SustenAgro, devido a que era necessário uma instancia para validar se as funcionalidades foram implementadas corretamente. O processo teve dificuldades para separar os dois desenvolvimentos pois tinha componentes em comum, que a partir de um processo iterativo, foram organizando-se e permitindo separar os dois sistemas.

Não foi possível instanciar outro sistema no Decisioner durante o desenvolvimento do mestrado, mas atualmente encontra-se em andamento a implementação do SAD Nano-

Tec como segunda instanciação do Framework Decisioner. O que permitirá generalizar ainda mais e servir como um caso de uso adicional para validar as hipóteses em outros domínios. Esta arquitetura foi validada por meio da instanciação do SAD SustenAgro, o que permite validar se realmente funcionam cada uma das características aqui descritas.

No capítulo seguinte será apresentado o SAD SustenAgro, gerado como primeiro caso de uso deste Framework, e depois será apresentado o processo de avaliação que formaliza a avaliação deste sistema.





---

# SAD SustenAgro

---

O Framework Decisioner organiza e gerencia os componentes gerais dos SADs de avaliação. Cada SAD tem particularidades que precisam ser definidas e ajustadas para configurar suas funcionalidades. As ontologias específicas do domínio e as DSL, explicadas nos capítulos anteriores fornecem o meio de definição dessas particularidades.

O SAD SustenAgro foi usado como a primeira instanciação do Framework Decisioner. Ele é composto por uma ontologia de domínio, DSL e elementos gráficos de design (ícones, imagens de fundo, etc.) que permitem instanciá-lo no Decisioner. Sendo seu principal componente a ontologia do domínio de avaliação da sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil.

Neste capítulo, serão explicadas a arquitetura, a metodologia e os componentes mais importantes do SAD SustenAgro. Serão feitas também algumas considerações sobre o processo de definição do SAD.

## 5.1 Arquitetura do SustenAgro

O SAD SustenAgro serviu de base para modelar e desenvolver os componentes que fazem parte do Decisioner. Por isso, o processo real de desenvolvimento dele foi muito mais complicado que uma simples instanciação de um framework. Ele envolveu diversas iterações para determinar o que deveria ser implementado como parte do framework e como parte da aplicação. Para simplificar o texto e facilitar o entendimento de como o framework Decisioner é usado para instanciar um SAD, as diversas versões do framework não serão discutidas.

A arquitetura de um SAD implementado usando o Framework Decisioner tem os seguintes componentes:

1. Ontologia do domínio: ontologia que representa os conceitos do domínio. No caso do SustenAgro, o domínio é a avaliação da sustentabilidade do sistema produtivo de

- cana-de-açúcar, na região centro-sul. Essa ontologia é a base para o SAD pois permite estabelecer os conceitos fundamentais, que são utilizados pelo sistema. No caso do SustenAgro, eles são: indicadores, componentes de indicadores, índices, dimensões da sustentabilidade, recomendações e o método de avaliação.
2. DSL: programa descrevendo a configuração e comportamento do SAD. Ele especifica as features do domínio a serem usadas, as fórmulas do modelo e o aspecto e estrutura do relatório a ser gerado. No caso do SustenAgro, as features são os indicadores, as formulas calculam os índices de sustentabilidade e produtividade, e o relatório usa a Matriz e o Semáforo de Sustentabilidade.
  3. Web components: o SustenAgro usa dois Web Components específicos (além das oferecidas pelo Decisioner): a Matriz de Sustentabilidade e o Semáforo de Sustentabilidade. Ambas são implementadas usando a biblioteca Polymer da Google.
  4. Imagens e layout: Um conjunto de imagens e arquivos de layout (css) compõem o look-and-feel específico do SAD, incluindo seu logo.

## 5.2 Metodologia.

O conhecimento do domínio abrangido no sistema SustenAgro está em contínua evolução. Por isso, foi necessário usar uma metodologia que suporte mudanças na estrutura e nos dados do sistema, durante cada uma das fases do desenvolvimento. O desenvolvimento da ontologia de domínio SustenAgro foi realizada de forma ágil e modular, por meio de técnicas de prototipação rápida, abrangendo grupos de conceitos relacionados entre si.

O desenvolvimento da ontologia depende essencialmente da comunicação entre os especialistas de domínio e os modeladores. Dessa forma, foram definidos meios de comunicação (reuniões presenciais e virtuais) e de representação do conhecimento (modelos conceituais), que permitiram explorar o domínio.

Um dos meios, que permitiu uma melhor comunicação, foi o desenvolvimento de um mapa conceitual, por meio da ferramenta Cmap Tools<sup>1</sup>, com a participação de um grupo de especialistas em modelagem de conhecimento. Esse processo começou em uma reunião da equipe na Embrapa Informática Agropecuária (situada na Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP). Nessa reunião, um especialista em desenvolvimento de ontologias da Embrapa forneceu treinamento sobre a metodologia para definir ontologias, desenvolvimento de mapas conceituais, com os principais conceitos, e desenvolvimento de modelos em OWL, para tornar esse conhecimento computável.

Após realizada a modelagem, o especialista do domínio definiu perguntas de interesse, com as quais os modeladores (o autor e um colega de mestrado) definiram consultas

---

<sup>1</sup> <http://cmap.ihmc.us/>

que o sistema deveria responder segundo os resultados esperados, conseguindo validar e ajustar o modelo até ter um protótipo confiável.

Na Figura ?? é apresentada a metodologia para desenvolver a ontologia SustenAgro, a qual teve vários ciclos de desenvolvimento nos quais foram integradas novas características.

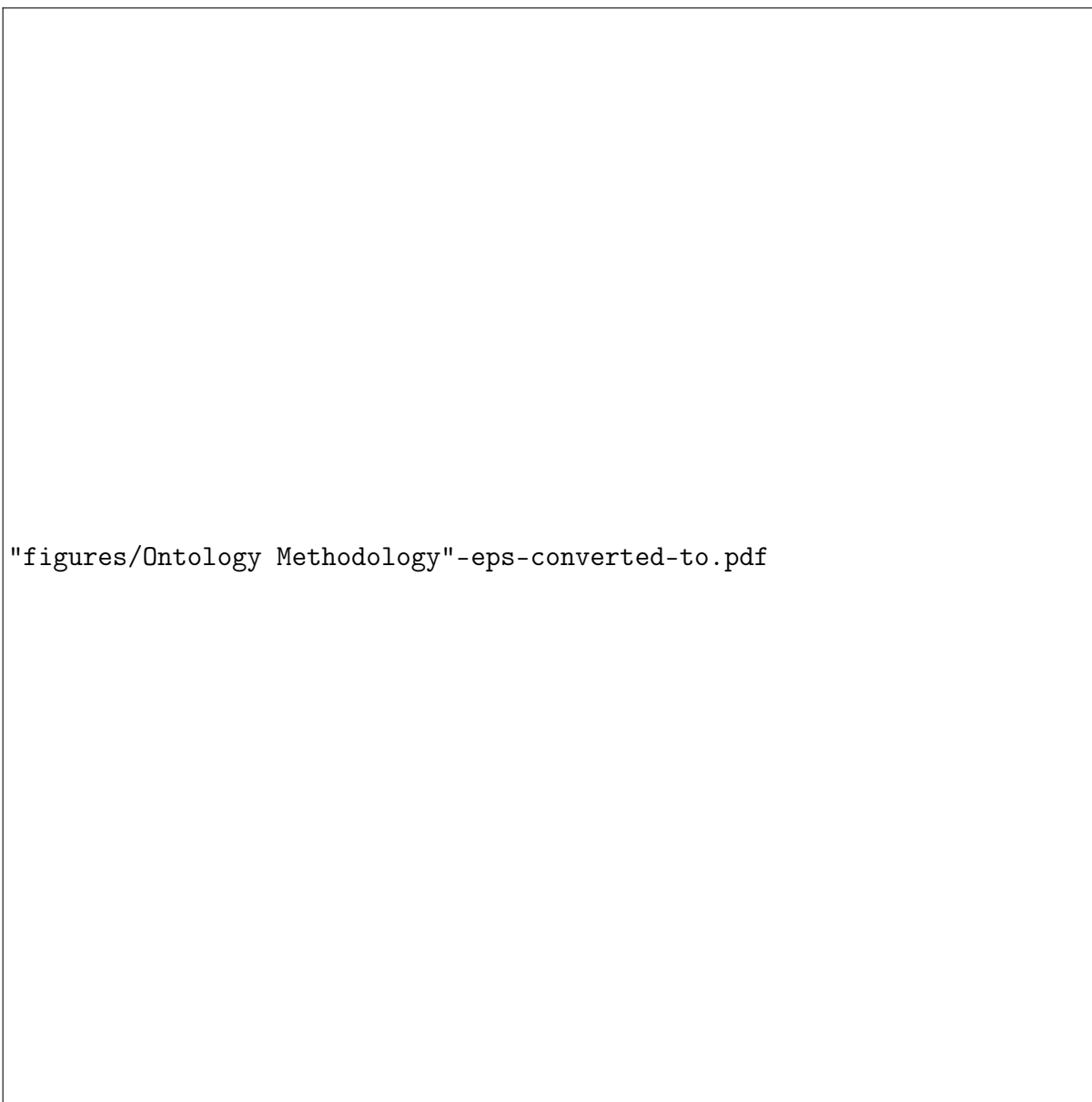


Figura 15 – Metodologia de definição da ontologia SustenAgro.

Um aspecto importante das ontologias é que elas fornecem um formato que adapta-se às mudanças do domínio e permite separar o conhecimento dos outros componentes do sistema.

A metodologia, que direcionou o desenvolvimento do SAD SustenAgro, foi a SCRUM (??), que permitiu integrar práticas ágeis no desenvolvimento do sistema. Nesse contexto, o termo ágil refere-se ao desenvolvimento em tempos curtos e geração de protótipos facil-

mente adaptáveis às mudanças. Cada uma das etapas da metodologia foi realizada várias vezes e, por isso, foi necessário redesenhar os componentes. As metodologias ágeis são cíclicas e os protótipos mudam em cada ciclo para cumprir os novos requisitos.

A metodologia de desenvolvimento dos Web Components e das Web UI tiveram um enfoque baseado em User Centered Design. A avaliação dessas duas interfaces foi realizada integradamente para validar os requisitos identificados.

O processo de design das web UI incluiu as seguintes etapas de levantamento de requisitos:

1. Descrição de User Stories: técnica de desenvolvimento ágil que permite descrever características do software desde a perspectiva do usuário. Ela fornece uma identificação dos usuários, das funcionalidades e explica o porque uma dita funcionalidade é necessária.
2. Descrição de Scenarios: técnica de desenvolvimento ágil que permite descrever detalhadamente as características das user stories.
3. Descrição de Storyboards: descreve cada uma das interações do usuário com o sistema em uma determinada tarefa, visualizando a interação como uma história em quadros.
4. Descrição de *Mockups*: design do esboço da interface gráfica do sistema. Eles foram analisados pelos especialistas da Embrapa, para avaliar se atendiam às funcionalidades básicas descritas no levantamento dos requisitos.
5. Desenvolvimento de protótipo visual: A partir da validação dos Mockups, foi desenvolvido um protótipo da interface gráfica, com a finalidade de que os especialistas do domínio avaliassem se as interfaces cumpriam com os requisitos.

Cada uma dessas etapas de desenvolvimento, foram realizadas sempre em parceria com os especialistas do domínio. Isso foi importante para realizar o levantamento correto de requisitos tanto das web UI como das funcionalidades do SAD, identificadas a partir destas técnicas. Todo esse processo foi necessário pois não existia uma definição específica do que os especialistas precisavam.

### 5.3 Ontologia de domínio: SustenAgro

A ontologia SustenAgro representa o conhecimento necessário para suportar avaliação de sustentabilidade no sistema produtivo de cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil. Ela representa conceitos por meio de entidades, classes, relações semânticas e axiomas. Esses elementos organizam e representam a realidade modelada.

Para definir a ontologia 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 suportassem esse domínio. Por isso, propôs-se desenvolver uma ontologia que utilizasse conceitos sobre avaliação de sustentabilidade e sistemas agrícolas. Essa ontologia representa conceitos gerais de conceitos identificados na literatura e conceitos particulares ao SustenAgro, identificados por ??).

Deve-se destacar que a ontologia SustenAgro abrange um domínio bem específico: sustentabilidade de sistemas produtivos de cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil. Acreditamos que essa é uma característica deste tipo de SAD. Modelamentos desse tipo tendem a ser específicos. No caso do SustenAgro, ele abrange apenas um só sistema produtivo em uma região específica.

A figura ?? representa um mapa conceitual com os principais conceitos modelados no SustenAgro e como eles estão relacionados entre si. As etiquetas, em cada relação dos conceitos, permitem identificar a relação entre os dois conceitos.

As ontologias da web semântica permitem separar o conhecimento do domínio da lógica da computação, independizando o desenvolvimento destes aspectos do SAD.



Figura 16 – Mapa conceitual da ontologia SustenAgro.

Para conseguir que a ontologia SustenAgro fosse computável, foi necessário defini-la na linguagem OWL (fornecendo uma representação compreensível por humanos e computadores). O editor de ontologias Protégé<sup>2</sup> foi usado, permitindo modelar o conhecimento e exportar ele ao formato RDF, para ser compatível com sistemas triple-stores (seção ??) (??).

Triplestores suportam a realização de consultas complexas para permitir a resposta a perguntas de interesse aos usuários do sistema. Essa característica permite a recuperação da informação com significado semântico, permitindo que os sistemas deem respostas às consultas complexas de interesse. Também o RDF suporta a integração de conhecimento externo existente em formatos da web semântica, como são vários sistemas de representação do conhecimento como dicionários, thesaurus e redes semânticas, o que permite aumentar as possibilidades de desenvolvimento de novas funcionalidades.

A ontologia do SustenAgro modela o conhecimento dos especialistas baseando-se na ontologia do Decisioner (Figura ??). Ela inclui a ontologia Decisioner e define conceitos gerais dos SADs. Isso é obrigatório, pois o código do framework Decisioner entende os conceitos da ontologia SustenAgro apenas porque eles também são conceitos válidos deri-

<sup>2</sup> <<http://protege.stanford.edu/>>

vados da ontologia Decisioner. Exemplos de conceitos/classes modelados são: *Production Unit*, *Microregion*, *Indicator*, *Categorical*. A partir dessas classes foi possível desenvolver o modelo de dados em OWL.

As classes da ontologia SustenAgro são relacionados por meio de *Object Properties* e *Data Properties* que permitem vincular semanticamente as instâncias das classes. A principal contribuição da ontologia do domínio é ser uma representação semântica do conhecimento de domínio, tanto para os usuários como para o sistema computacional, tornando-se um meio de comunicação entre os especialistas de domínio e os programadores.

Nas próximas seções, serão apresentadas as principais classes modeladas na ontologia do domínio de avaliação da sustentabilidade (SustenAgro).

### 5.3.1 Classe Production Unit

Representa as organizações que podem ser avaliadas pelo sistema SustenAgro. Atualmente elas podem ser *Fornecedores de cana-de-açúcar* e / ou *Usinas processadoras de cana-de-açúcar*. Cada processo de avaliação requer dados que identifiquem as unidades produtivas através de propriedades que as definam.

Esta classe tem propriedades obrigatórias como:

- *hasAgriculturalProductionSystem*: relaciona o sistema de produção agrícola em avaliação.
- *hasAvailabilityOfEvaluationResults*: relaciona o tipo de disponibilização dos resultados.
- *hasSugarcaneSource*: relaciona a origem da cana.
- *harvestYear*: define o ano da safra.
- *canavialLongevity*: define a longevidade do canavial.

A Figura ?? apresenta a modelagem da classe Production Unit, feita na ferramenta Protégé.

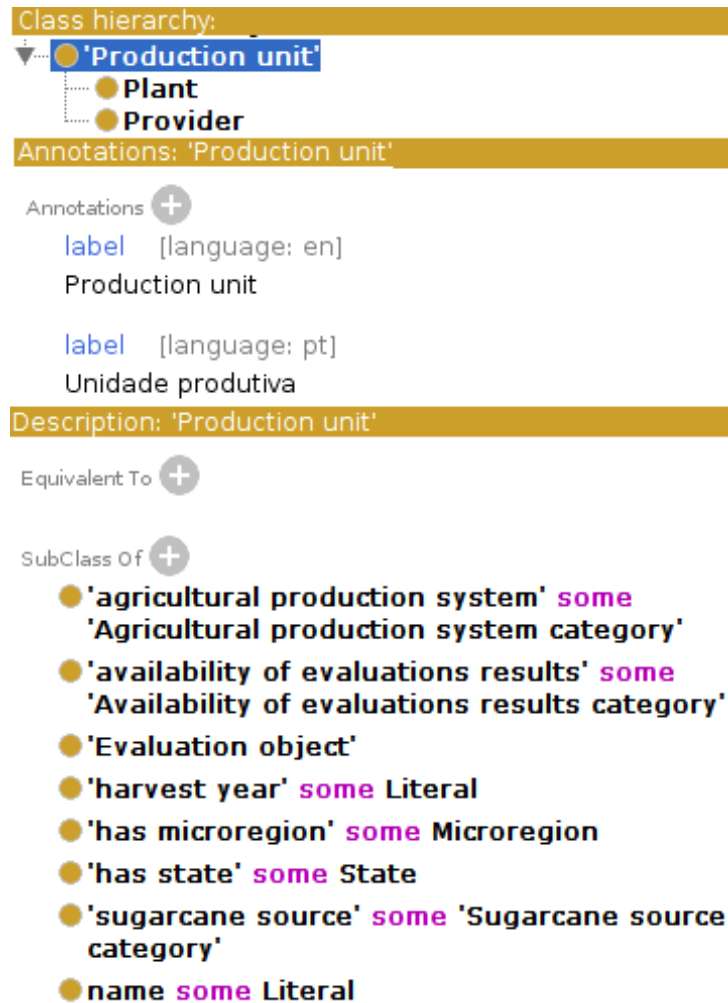


Figura 17 – Modelagem da classe de unidade produtiva (ProductionUnit).

### 5.3.2 Subclasses of Categorical

A classe Categorical representa os possíveis Value discretos que um *Indicator* pode ter na forma de categorias (por exemplo, Existe e Não Existe). Um Value também pode ser Real ou Inteiro. A classe Categorical é definida na ontologia Decisioner, mas a SustenAgro cria diversas classes filhas para definir uma série de valores categóricos.

Cada subclasse de Categorical é composta por um conjunto finito de elementos ou valores. Cada valor é modelado como indivíduo da classe, permitindo assim, restringir as opções de instanciação de cada indicador.

Na Figura ??, é apresentada a classe *Value* e suas subclasses, tanto *Categorical* para conjunto finito de valores e *Real* para valores numéricos. Um exemplo de classe categórica seria a *Yes/No* que representa os valores de sim e não e é composta pela lista de instâncias Yes e No.

Cada indivíduo da classe *Value* tem a propriedade *as number* que relaciona a ele um valor numérico. Esse valor define um critério de comparação entre os indivíduos da



mesma classe. Ele é usado nas fórmulas do método de avaliação.

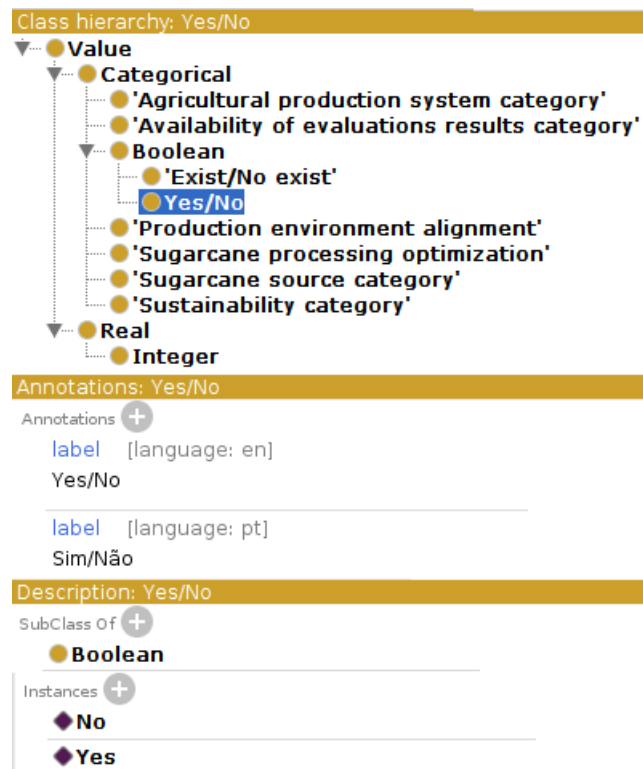


Figura 18 – Modelagem de Value

### 5.3.3 Classe Microregion

Representam os locais onde são localizadas as unidades produtivas. É permitido definir a microrregião onde as fazendas e usinas do sistema produtivo de cana-de-açúcar se localizam. Atualmente, a ontologia tem os 7 estados pertencentes ao centro-sul do Brasil e as 243 microrregiões dentro desses estados. Esses dados foram originalmente obtidos por consulta SPARQL à DBpedia e integrados à ontologia.

A Figura ?? mostra a modelagem das localizações geográficas usadas no sistema SustenAgro, com algumas instâncias de *Microregion*.

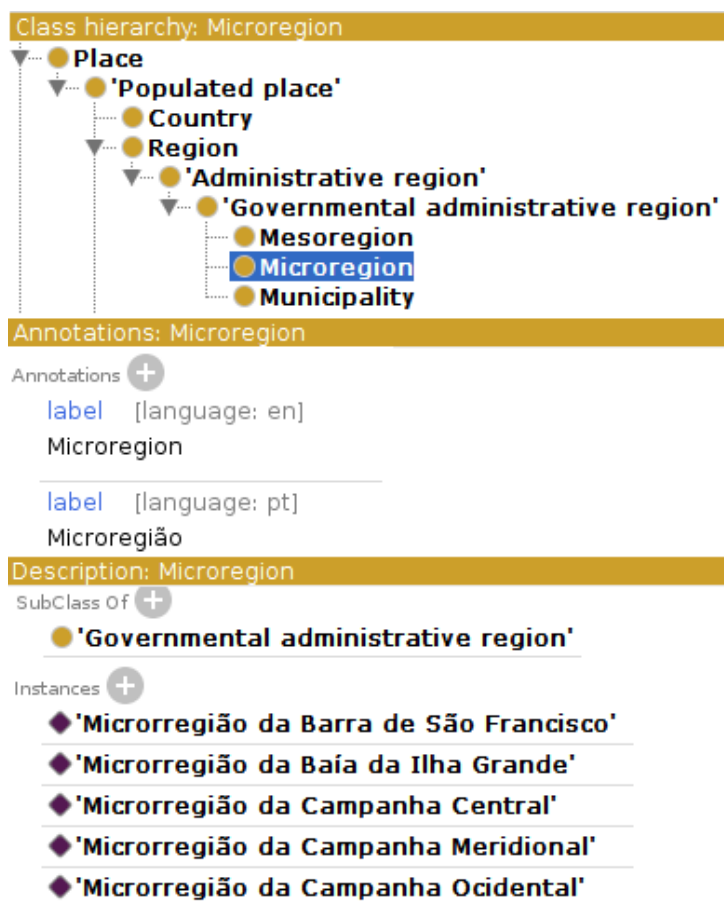


Figura 19 – Modelagem de microrregiões.

### 5.3.4 Classe Indicator

Os indicadores são o principal componente da ontologia. Eles foram propostos por um grupo de especialistas de diversas áreas da produção agrícola e sustentabilidade (??).

Eles representam as características das unidades produtivas que serão identificadas e quantificadas em cada processo de avaliação. Eles têm uma propriedade *has value* que quantifica a sustentabilidade do indicador. Também permitem a integração de conceitos, inclusive quando pertencem a domínios sem relação aparente.

A Figura ?? apresenta a hierarquia dos indicadores, que está subdividida em Efficiency Indicator e Sustainability Indicator. A propriedade *has value* usa instâncias da classe *Value* para quantificar a sustentabilidade. Instâncias de *Value* representam as opções de resposta que os usuários têm para cada indicador. Existe outra propriedade, *has weight*, que é opcional e estabelece um peso para o indicador.

A Figura ?? mostra o indicador intitulado *Adequacy of boilers*. Na propriedade *has value* ele tem uma restrição que limita os valores dessa propriedade a valores de uma lista de valores categóricos. A propriedade *has weight* também tem uma restrição que limita seus valores a instâncias da classe *Sugarcane process Optimization*.

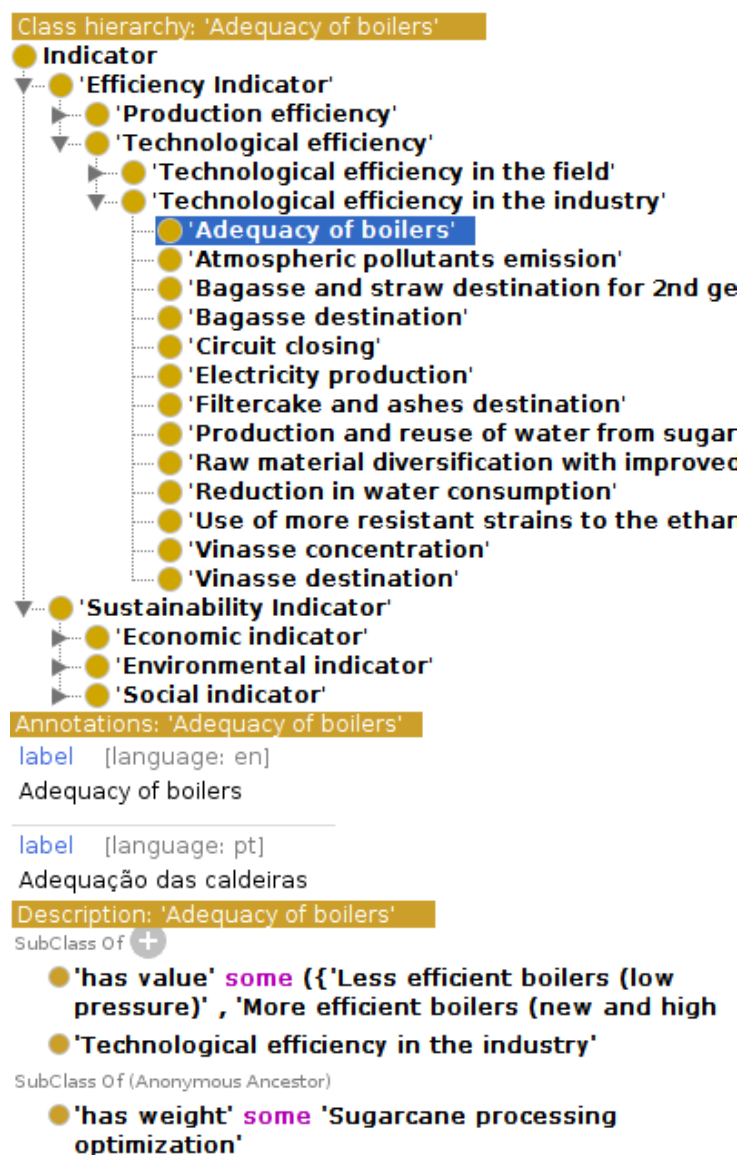


Figura 20 – Modelagem de indicador

Segundo a descrição do método de avaliação (Apêndice ??), os indicadores de sustentabilidade são classificados em três dimensões de sustentabilidade: dimensão ambiental, dimensão social e dimensão econômica. Tendo as três uma participação equitativa no método de avaliação (??).

A continuação serão apresentados cada uma das três dimensões.

### Dimensão ambiental

A dimensão de indicadores ambientais, é composta dos seguintes conceitos:

- Atributo solo (Soil Attribute): indicadores que avaliam os aspectos referentes às características do solo.

- Atributo hídrico (Hydric Attribute): indicadores que avaliam os aspectos referentes à disponibilidade e qualidade das fontes hídricas.
- Atributo clima (Weather Attribute): indicadores que avaliam os aspectos climáticos.

### **Dimensão social**

Nesta dimensão é importante reconhecer que as unidades produtivas, sejam do tipo fazendas ou usinas, têm vínculos com 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.

A Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) forneceu dados econômicos das principais usinas do estado de São Paulo, que permitiram definir a dimensão econômica das unidades produtivas na ontologia de domínio.

A dimensão social está composta dos seguintes conceitos:

- Atributo emprego e renda (Employment and Income Attribute): indicadores que avaliam os aspectos referentes à mão de obra.
- Atributo saúde (Health Attribute): indicadores que avaliam os aspectos de segurança dos trabalhadores.
- Atributo treinamento (Training Attribute): indicadores que avaliam os aspectos da capacitação dos trabalhadores.

### **Dimensão econômica**

Esta dimensão está composta pelos seguintes conceitos:

- Atributo industrial (Industrial Attribute): indicadores que avaliam os aspectos industriais.
- Atributo área recuperada (Recovered Area Attribute): indicadores que avaliam os aspectos da área produtiva e das técnicas produtivas.
- Atributo produtividade (Productivity Attribute): indicadores que avaliam os aspectos dos produtos e dos processos produtivos.
- Atributo custo (Cost Attribute): indicadores que avaliam os aspectos dos custos da produção.

Cada uma das três dimensões deve ser avaliada equitativamente para gerar um resultado coerente com a teoria da sustentabilidade agrícola(??).

## Modelagem do método de avaliação SustenAgro

A Figura ?? mostra um mapa conceitual dos conceitos envolvidos na avaliação da sustentabilidade, que recebe como entrada os indicadores selecionados pelos usuários e aplica as fórmulas de avaliação, para gerar os índices de sustentabilidade e eficiência. Usando esses índices, é possível quantificar a sustentabilidade.

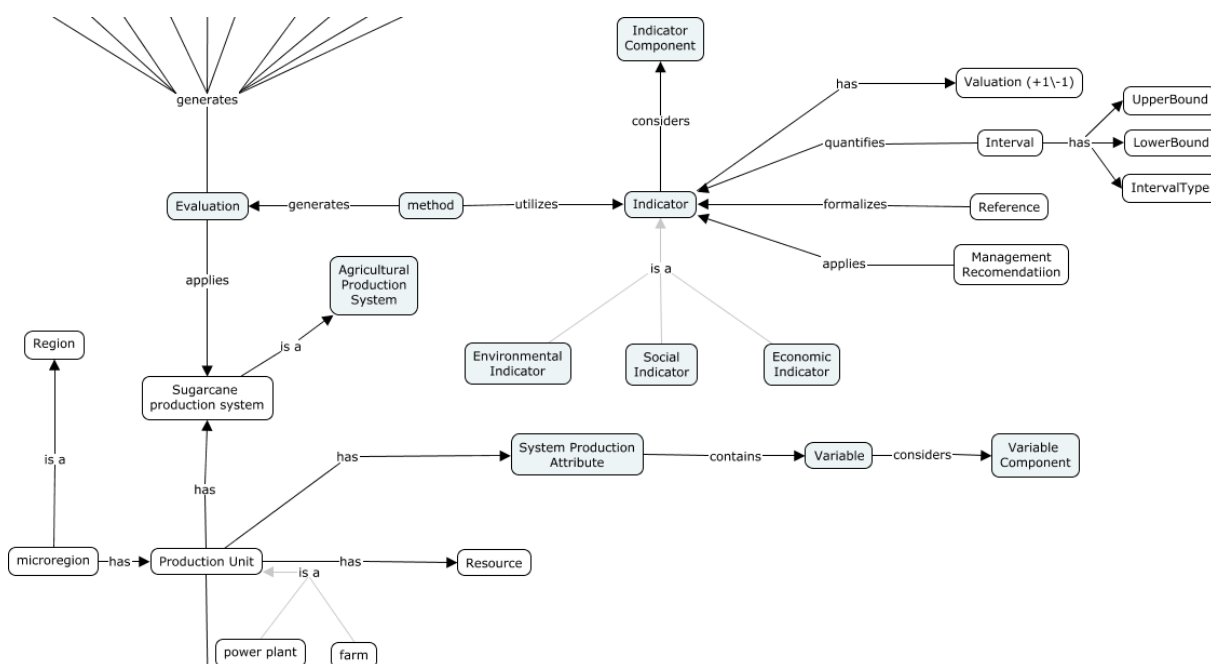


Figura 21 – Mapa conceitual - Método de Avaliação.

As dimensões da sustentabilidade permitiram organizar os indicadores, levando essa organização desde os modelos de mapas conceituais, às ontologias, método de avaliação e, finalmente, até a representação dos resultados nas web UI dos SADs.

## 5.4 SustenAgro Web UI

O design das interfaces gráficas e desenvolvimento dos web componentes foram realizados por meio de várias técnicas de levantamento de requerimentos para especificar as funcionalidades que os especialistas precisavam do sistema SustenAgro. Foram usadas as seguintes técnicas: User Stories, Scenários, Storyboard, Mockups e protótipo de interface gráfica.

Na fase inicial, foram definidos os perfis de usuários do SAD SustenAgro, inicialmente definiram-se os perfis descritos a seguir:

- Administrador: usuário com permissões para editar Ontologias, DSL e web UI. Ele é o responsável pela administração do SAD e tem todas as permissões do sistema.

- Especialista de domínio: especialista em sustentabilidade ou afins, com permissões para recuperar e gerenciar informações das avaliações, gerar reportes e mudar os conceitos relacionados com os indicadores e método de avaliação.
- Usuário final: usuário padrão do sistema que tem permissões para realizar avaliações de sustentabilidade em cana-de-açúcar e de gerenciar os dados cadastrados por ele.

No SAD SustenAgro v1.0, foi removido o perfil especialista, ficando apenas os perfis administrador e usuário final. As funções desse perfil foram incluídas no perfil administrador.

As técnicas realizadas para desenvolver as web UI, são descritas a seguir.

## 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. O padrão é: como um “tipo de usuário”, quero atingir “algum objetivo” para “alguma finalidade”.

Na aplicação dessa técnica foram obtidas 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, devendo adaptar-se às condições das regiões e microrregiões do Brasil.
4. O usuário poderá obter o resultado dos índices, segundo a informação preenchida e a fórmula de agregação dos indicadores.
5. O usuário poderá armazenar a informação dos indicadores para futuras consultas.
6. O usuário poderá acrescentar indicadores que considere importantes para a análise. Deve-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.
7. O sistema deve fornecer um cronograma de avaliação, sendo recomendado realizar a avaliação depois de cada safra.

## Scenários

É uma técnica que permite a descrição das funcionalidades do sistema desde a perspectiva do usuário ou cliente, realizando uma descrição detalhada de cada um dos passos dos usuários no sistema para completar uma tarefa. A seguir serão apresentadas as 8 histórias de usuários do SAD SustenAgro com os cenários associados:

**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 conta dele, através do sistema web SustenAgro em <http://sustenagro.embrapa.br>, e o sistema apresenta a tela “Home”
2. O usuário seleciona a aba “unidades produtivas” e dá um click em “cadastrar unidade produtiva”, o sistema apresenta a tela de cadastro de unidades produtivas, onde tem um mapa do Google Maps
3. O usuário seleciona no mapa um ponto que identificará a localização da unidade produtiva, 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 “próximo” e o sistema cadastra a informação preenchida.

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

1. O usuário poderá fazer a “Historia de usuário #1” ou entrar no sistema e continuar com o cadastro da unidade produtiva 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 unidade produtiva, e salvá-la no sistema por meio do botão “próximo”.

**História de usuário #3:** “O usuário deverá preencher o estado de cada indicador específico nas dimensões ambiental, econômica e social. Esses indicadores devem adaptar-se às condições das regiões e microrregiões do Brasil, da mesma forma as faixas de limiares de sustentabilidade foram 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 permitirão 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, 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 acontecer 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 um 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. Em seguida preencher o estado do indicador. O sistema salva esses dados inseridos.
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 avaliação, que foi definida no sistema pelos especialistas.
2. O resultado da avaliação será cadastrado no sistema com informações sobre a metodologia utilizada.
3. A metodologia de avaliação pode ser atualizada pelos administradores para uso em avaliações futuras.

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

1. O usuário preenche alguns indicadores nos formulários do SustenAgro.
2. Esses dados serão salvos quando o usuário mudar de formulário ou quando der um click no botão “próximo”.



**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 será 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 e separação dos outros indicadores.
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, 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.

## Storyboard

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

Essa representação permite 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:

A Figura ?? apresenta o processo de cadastro da localização da unidade produtiva, para conseguir vincular dados a partir da localização geográfica.

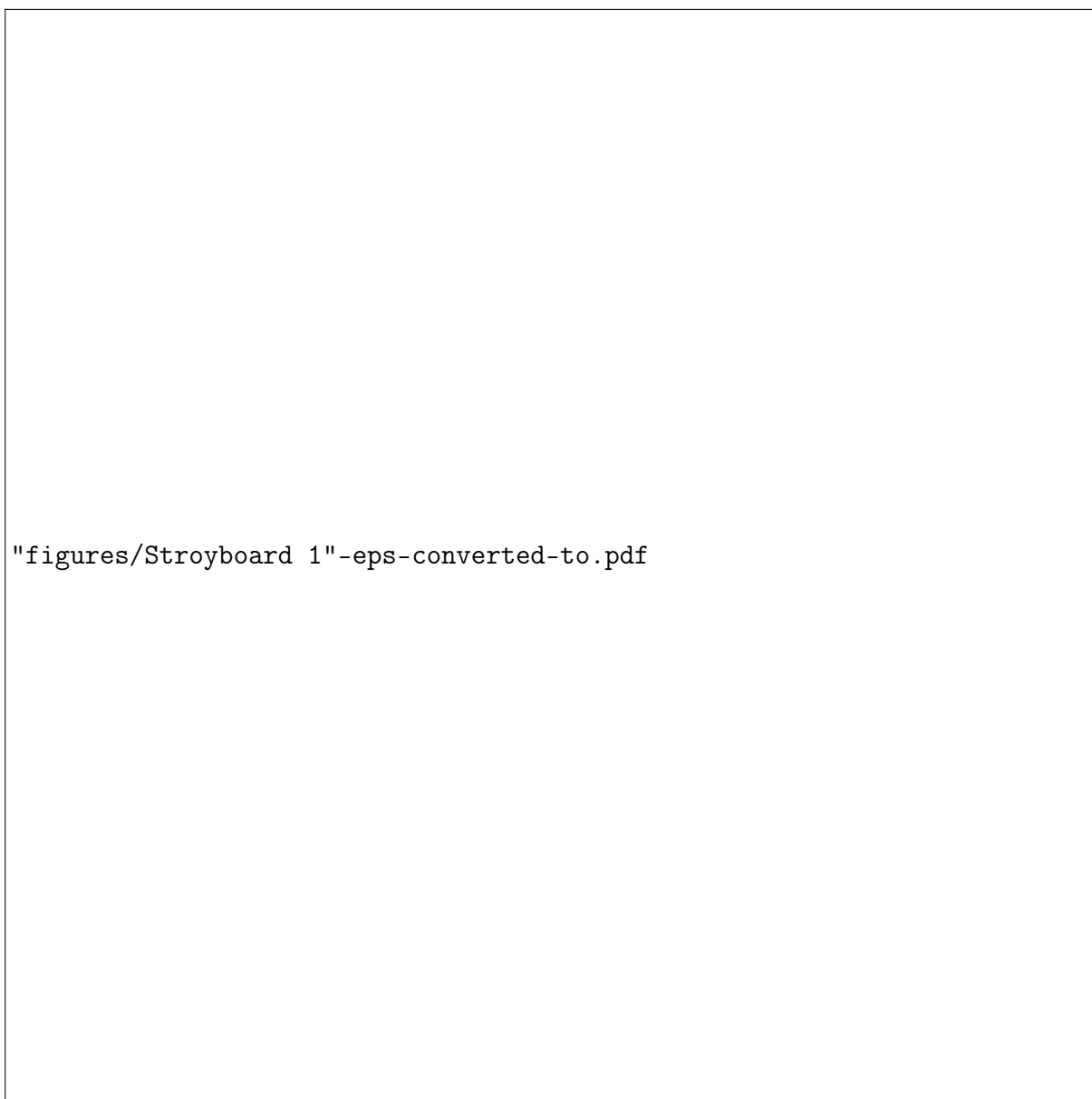
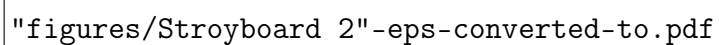


Figura 22 – StoryBoard definição da localização.

A Figura ?? apresenta o formulário de seleção da microrregião que faz parte da localização descrita no storyboard anterior. Essa informação é importante para caracterizar a unidade produtiva.



"figures/Stroyboard 2"-eps-converted-to.pdf

Figura 23 – StoryBoard seleção da unidade produtiva.

A Figura ?? apresenta o esquema do formulário de preenchimento dos indicadores que permite cadastrar uma avaliação, dito formulário é adaptável a vários tipos de dados dos indicadores, permitindo construir interfaces amigáveis para os usuários.

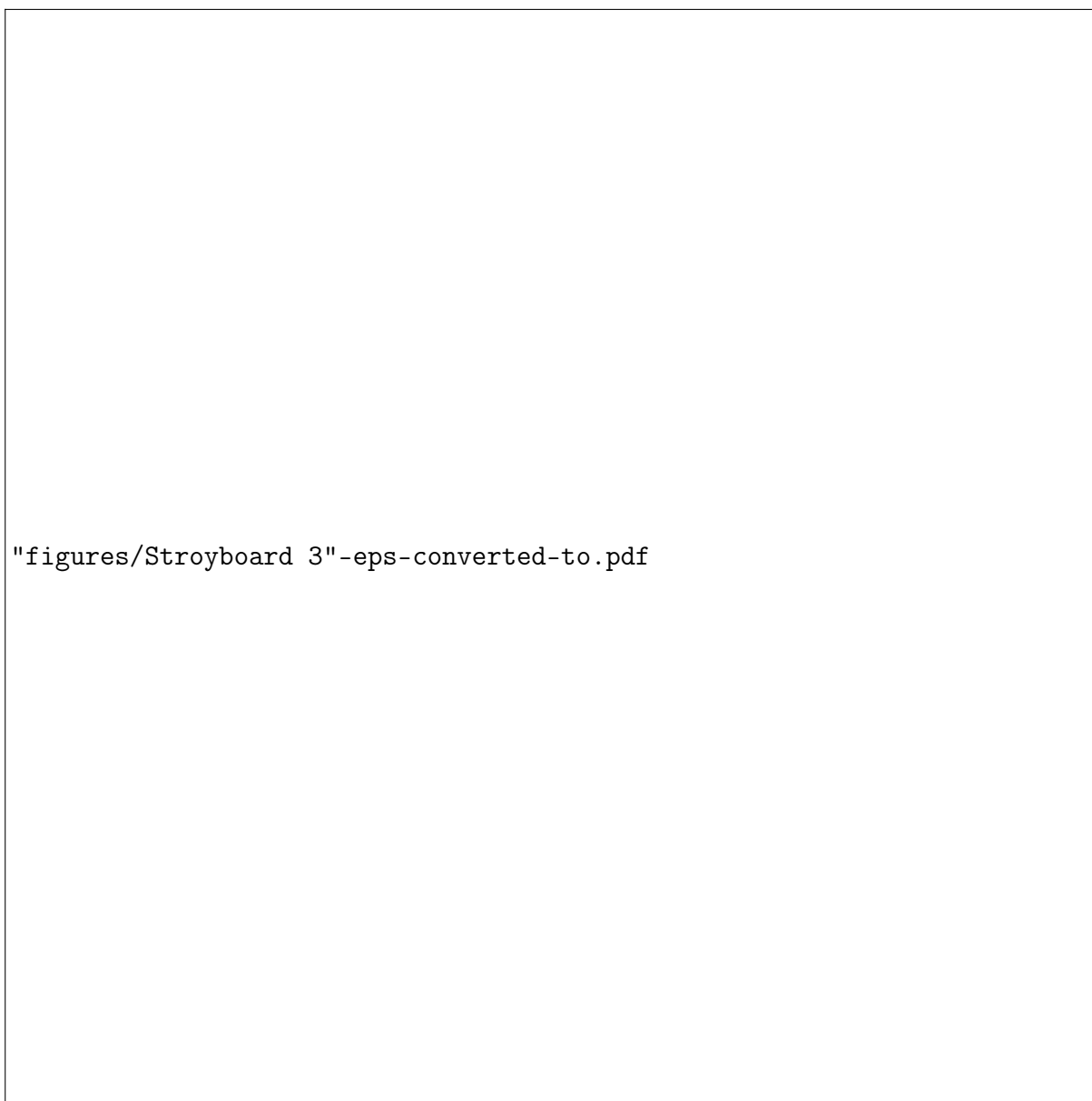
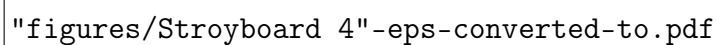


Figura 24 – StoryBoard mostrando o preenchimento dos indicadores.

A Figura ?? apresenta o processo de avaliação para uma unidade produtiva, segundo o método Sustenagro. Ele vai processar os indicadores preenchidos para gerar uma análise.



"figures/Stroyboard 4"-eps-converted-to.pdf

Figura 25 – StoryBoard sobre a avaliação de unidade produtiva

A Figura ?? apresenta o formulário de definição de novos indicadores, por parte dos usuários do sistema. Eles permitem a integração de novos conceitos ao sistema.

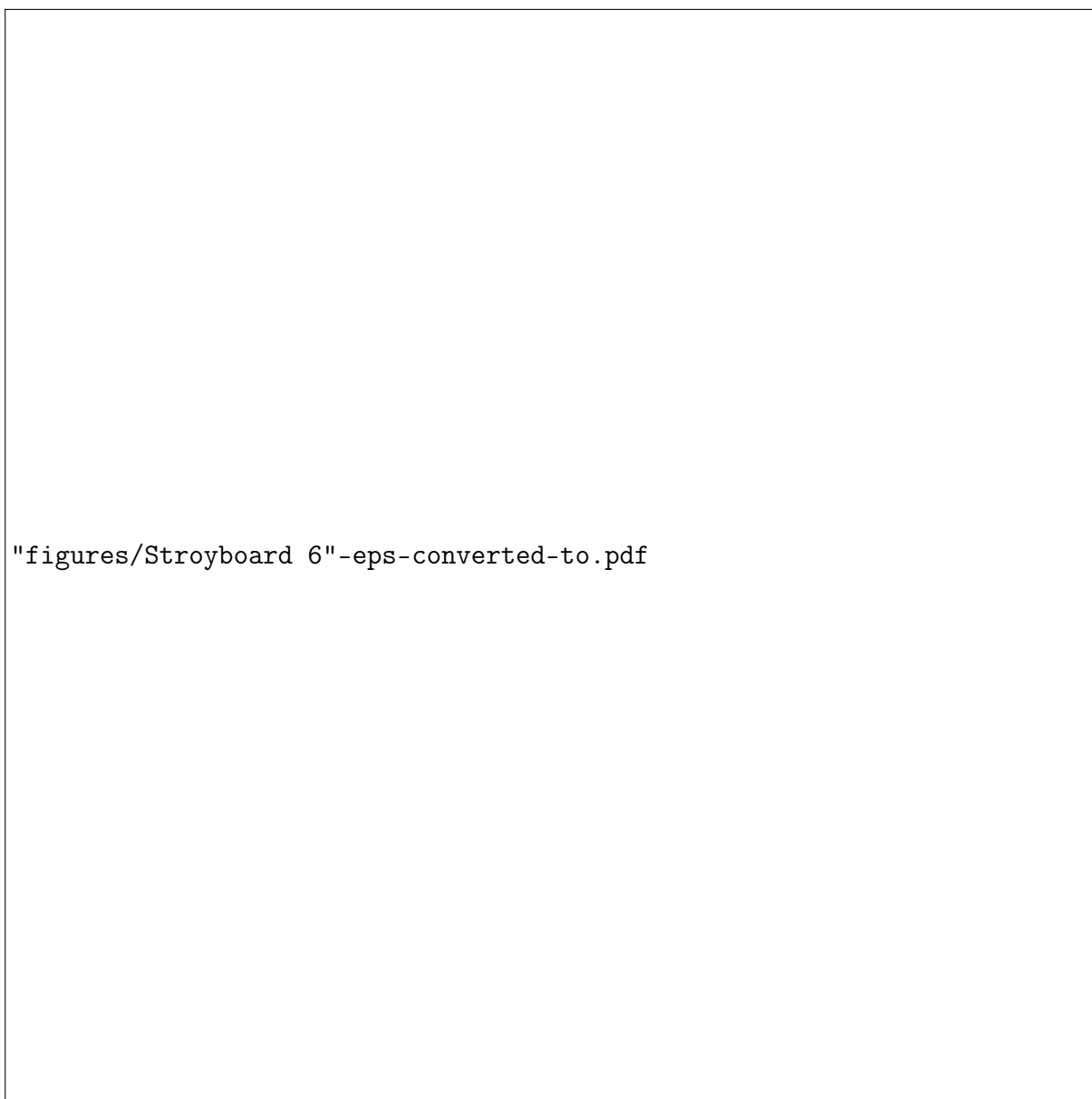
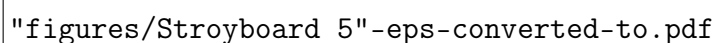


Figura 26 – StoryBoard para cadastro de novo indicador.

A Figura ?? apresenta o relatório resultante do processo de avaliação. Ele é composto pelos índices, uma tabela dos dados cadastrados, a matriz de sustentabilidade e as recomendações



"figures/Stroyboard 5"-eps-converted-to.pdf

Figura 27 – StoryBoard mostrando a apresentação de resultados

## Mockups das Interfaces do SustenAgro

A partir das técnicas anteriores, foi possível identificar as tarefas que os usuários do sistema SustenAgro realizarão. O fluxo das tarefas e os dados de cada uma foram mudando ao longo do tempo, como resultado na aplicação de cada técnica, gerando varias definições das Web UI. Uma vez identificadas as caracterizaras essenciais da interface gráfica, procedeu-se a definição dos Mockups, que permitiram criar uma representação visual das interfaces do sistema.

O desenvolvimento dos Mockups foi feito com a ferramenta Moqups<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Moqups <<https://moqups.com/>>

A Figura ?? mostra uma interface gráfica da tela inicial do SAD SustenAgro. A interface mostra uma descrição do sistema e as principais abas, dentre elas, a aba de Ferramenta que permite iniciar o processo de avaliação de sustentabilidade.



Figura 28 – Mockup da tela inicial do SustenAgro.

Os Mockups representam as widgets, o que permitem avaliar a interface gráfica de uma maneira mais próxima à interface final e assim suportar a sua avaliação por parte dos especialistas do domínio.

A Figura ?? apresenta os passos do processo de avaliação, na ordem representada pela numeração das abas. A tela apresentada corresponde ao formulário de cadastro dos indicadores, que permite cadastrar o valor correspondente a cada indicador.



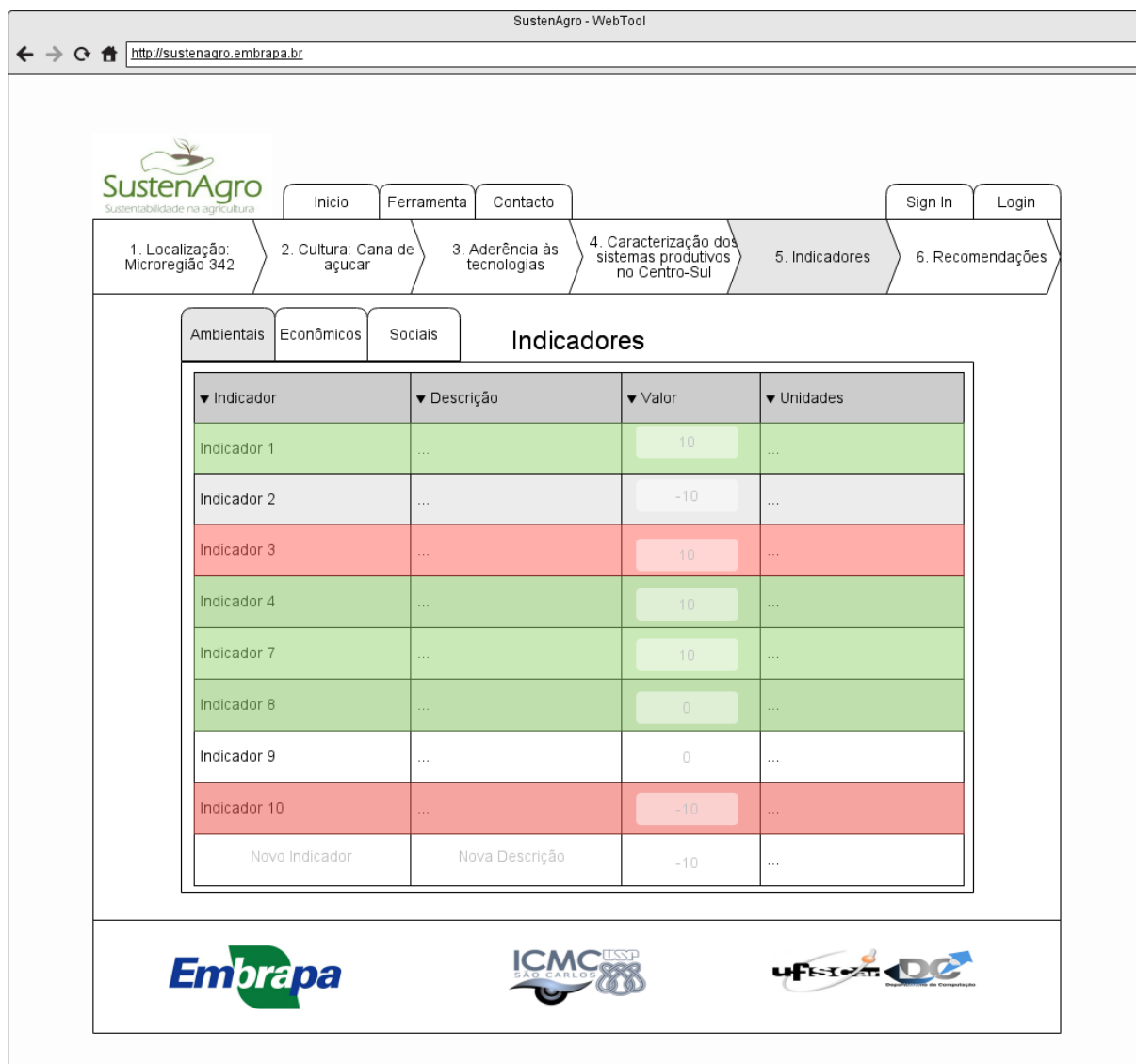


Figura 29 – Mockup da tela de indicadores do SustenAgro.

Na apresentação dos Mockups aos especialistas, foram identificadas várias mudanças para facilitar a navegabilidade da Web UI. Essas mudanças corresponderam à integração de tarefas e a melhora na apresentação dos formulários e dos resultados de avaliação. Essas mudanças reestruturaram o look-and-feel do SAD.

### Protótipo da Interface Gráfica do SustenAgro

A partir das melhoras identificadas nas avaliações dos Mockups, foram identificadas as características finais da Web UI, com as quais foi desenvolvido um protótipo funcional da Web UI do SustenAgro. Inicialmente, esse protótipo só permitia interagir com dados simulados.

A Web UI do SAD SustenAgro foi integrada com cada uma das funcionalidades do SAD em cada ciclo de desenvolvimento, e, atualmente, está disponível nos servidores do

laboratório Intermídia do ICMC-USP <sup>4</sup>.

Na Figura ?? é apresentada a página inicial do protótipo.



Figura 30 – Protótipo do SustenAgro – Tela inicial.

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

Uma vez cadastrada uma unidade produtiva, disponibiliza-se a opção de criar nova avaliação. Essa, ação vai gerar a tela da Figura ??, que permite visualizar os indicadores para que os usuários preencham cada um, segundo a realidade da unidade produtiva em avaliação. Cada indicador tem várias opções de resposta que estão ligadas a valores que quantificam a sustentabilidade. Esses valores estão definidos na ontologia de sustentabilidade (a ontologia SustenAgro) e são usados nas fórmulas para gerar os índices de sustentabilidade.

Na Figura ??, é apresentado o formulário dos indicadores de eficiência. Eles são subdivididos em eficiência de produção e tecnológica. Na Figura ??, é mostrado o indicador

<sup>4</sup> <http://biomac.icmc.usp.br:8080/sustenagro/>

Manejo, como exemplo. Um tipo de manejo foi escolhido e o peso desse indicador foi declarado como direto. Esses valores serão usados nas fórmulas da avaliação da sustentabilidade.

The screenshot displays the 'Cadastro de indicadores' (Indicator Registration) interface in the SustenAgro Web UI. The top navigation bar includes links for 'Apresentação', 'Avaliação', 'Administração', and 'Contato', along with a user profile dropdown for 'admin'. The main content area is divided into tabs for 'Avaliação da eficiência e custo' and 'Avaliação da sustentabilidade'. Under 'Avaliação da sustentabilidade', there are sub-tabs for 'Eficiência da produção' and 'Eficiência tecnológica'. The 'Eficiência tecnológica no campo' section is active, showing three indicators: 'Manejo', 'Mecanização da cana', and 'Organização de produtores ou usinas'. Each indicator has a list of options, a 'Peso' (Weight) dropdown menu, and buttons for 'Justificativa' (Justification) and 'Apagar' (Delete). The 'Manejo' indicator is selected, and its 'Peso' is set to 'Direta'.

Figura 31 – Cadastro de indicadores

A partir dos dados cadastrados, são gerados os resultados do sistema. Eles consistem na planilha de eficiência e custo, na planilha da sustentabilidade e o relatório do sistema. As planilhas permitem visualizar os atributos dos indicadores e a tela de relatório apresenta a matriz de sustentabilidade, onde são relacionados os índices de eficiência e de sustentabilidade. O relatório é apresentado na Figura ??.

Assessment
Results

Efficiency and cost spreadsheets
Sustainability spreadsheets
Assessment report

**Sustainability assessment**

**Environmental Dimension**

Indicator	Relevance	Registered value	Value	Total value
Absolute emissions of greenhouse gases (GEE) or associated gases	3.0	Meets determined values	1.0	3.0

Justification

Indicator	Justification
Absolute emissions of greenhouse gases (GEE) or associated gases	

Index	Total value
Environmental index	3.0

**Economic Dimension**

Indicator	Relevance	Registered value	Value	Total value
Have fuel stocks in order to regulate supply / demand and prices of ethanol (buffer stocks)	2.0	Yes	1.0	2.0

Justification

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

Figura 32 – Planilhas do resultado da avaliação

## 5.5 Web Components

Foram desenvolvidos dois Web Components específicos para o SustenAgro. Eles geram gráficos específicos do relatório solicitado pelos especialistas da Embrapa Meio Ambiente

### Matriz de Sustentabilidade

Com a finalidade de suportar a geração de relatórios, no formato definido pelos especialistas do domínio, foi necessário implementar dois Web Components específicos. Um deles foi a widget intitulada Matriz de Sustentabilidade. Ela é composta por dois eixos que correspondem ao índice de eficiência, eixo Y, e ao índice de sustentabilidade, eixo X. Os índices tem magnitudes que são divididas em segmentos que permitem dividir a área em doze

quadrantes da sustentabilidade. Cada avaliação realizada com o método SustenAgro gerará dois índices que são localizados em um quadrante da matriz de sustentabilidade. Cada quadrante está relacionado com uma recomendação específica.

A Figura ?? mostra a implementação desse Web Component, mostrando resultados reais de uma avaliação.

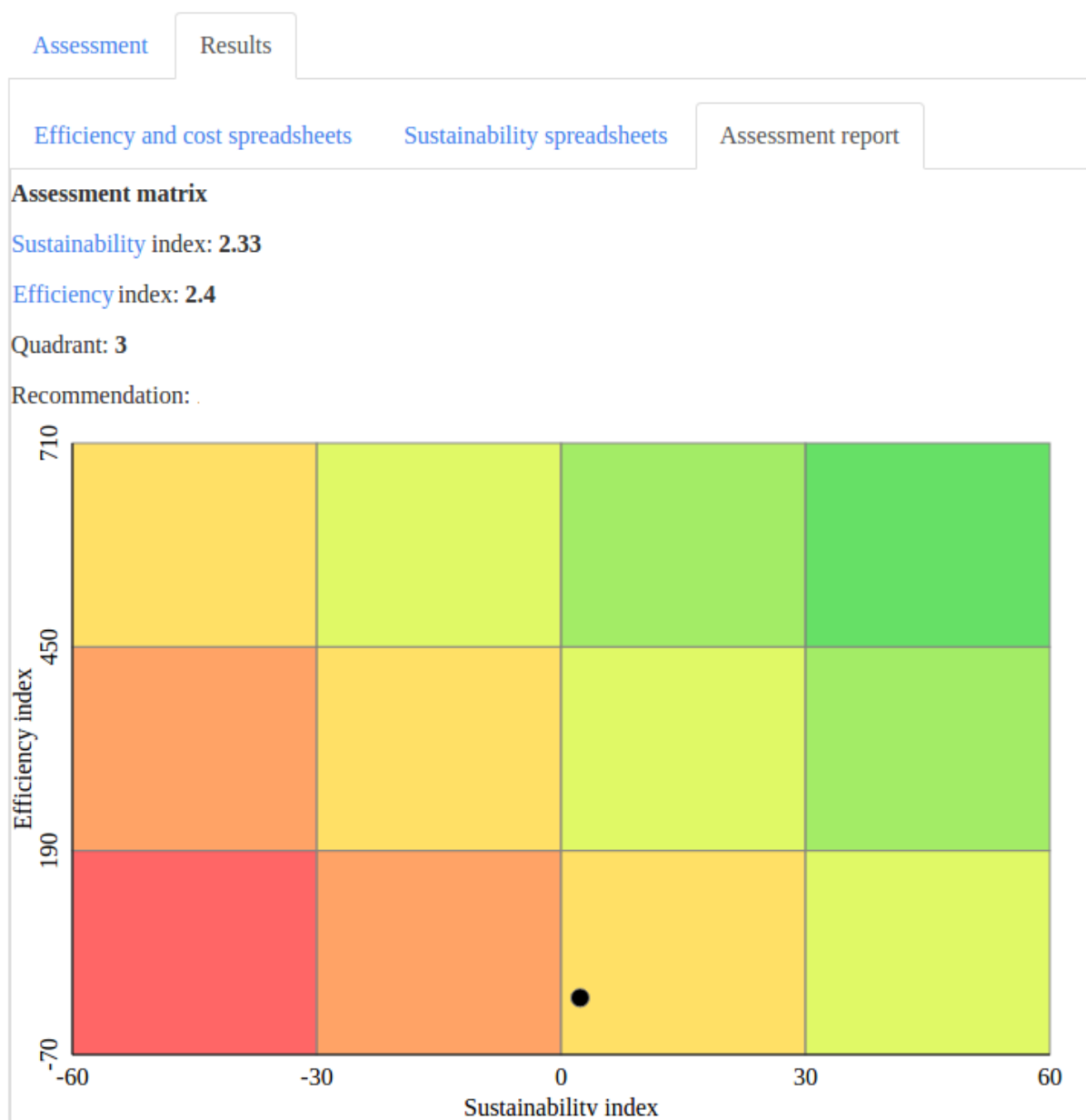


Figura 33 – Matriz de sustentabilidade mostrando um índice de sustentabilidade de 2,3 e um índice de eficiência de 2,4.

### Semáforo da Sustentabilidade

O Web Component do Semáforo da Sustentabilidade foi o segundo componente para geração de relatórios, no formato definido pelos especialistas do domínio, desenvol-

vido para o método SustenAgro. Ele tem um eixo que quantifica o valor da sustentabilidade normalizado entre -100 até +100, dividindo o intervalo em 5 segmentos que correspondem às categorias de sustentabilidade.

A Figura ?? mostra esse componente no sistema SustenAgro com os valores de uma avaliação de sustentabilidade.



Figura 34 – Semáforo de Sustentabilidade mostrando um índice de sustentabilidade geral de 4 numa escala de -100 até +100.

## 5.6 DSL: code

A implementação de uma DSL permite aos especialistas do domínio definir como são usados e apresentados os conceitos da ontologia, por meio de elementos da interface gráfica, como os índices de sustentabilidade serão calculados e quais os elementos presentes no relatório final. A DSL permite a criação de SADs facilmente adaptáveis às mudanças do domínio. Os próprios especialistas podem modificá-la sem o auxílio de programadores.

Para definir o comportamento do SustenAgro, especialistas tiveram que:

### 5.6.1 Definir o Objeto da Avaliação

No comando, a seguir ??, o Objeto de Avaliação é definido como uma instância da classe *ProductionUnit*. Essa classe foi definida pelos próprios especialistas na ontologia e tem como filhos as classes *Farm* e *Power Plant*. Também são declaradas todas as propriedades que os usuários terão que preencher quando criarem uma avaliação. Por exemplo, na propriedade *hasName* os usuários devem preencher o nome da unidade de produção.

---

Código-fonte 5.1 – DSL que define o Evaluation Object

```
evaluationObject ':ProductionUnit', {
  instance 'ui:hasName', label: ['en': 'Production unit or farm name',
    'pt': 'Nome da unidade produtiva ou fazenda']
  instance ':hasAgriculturalProductionSystem', label: ['en': '
    Agricultural production system', 'pt': "Sistema de produção
    agrícola"]
  type label: ['en': "Production unit type", 'pt': "Tipo da unidade
    produtiva"]
  instance ':hasSugarcaneSource', label: ['en': 'Sugarcane source', '
    pt': "Origem da cana"], multipleSelection: true, required: true
  instance 'dbp:state', label: ['en': 'State', 'pt': 'Estado']
  instance 'ui:hasMicroregion', label: ['en': 'Production unit
    microregion', 'pt': "Microrregião da unidade produtiva"]
  instance ':hasAvailabilityOfEvaluationResults', label: ['en': "
    Availability of evaluation results", 'pt': "Disponibilização dos
    resultados da avaliação"]
}
```

---

### 5.6.2 Definir as características a serem avaliadas

Agora os especialistas têm que escolher quais características (Features) dos Objetos de Avaliação serão usadas. No comando *feature*, são indicadas as classes das *Features* a serem usadas. Serão mostradas todas as *features* das classes indicadas e de suas descendentes. Por exemplo, o comando *feature ':ProductionEfficiencyFeature'* vai mostrar todas as *Features* relacionadas com eficiência da produção. Na ontologia SustenAgro foram estabelecidas as famílias de *Features*: *EnvironmentalIndicator*, *EconomicIndicator*, *SocialIndicator*, *ProductionEfficiencyFeature* e *TechnologicalEfficiencyFeature*.

O comando *feature* também permite dizer se existirão novas *Features* criadas pelos usuários ('extraFeatures': true) e a apresentação condicional de grupos de Features. No exemplo do algoritmo ??, são mostradas Features industriais apenas à usuários de usinas.

## Código-fonte 5.2 – Definição de Features

---

```

feature ':EnvironmentalIndicator', 'extraFeatures': true
feature ':EconomicIndicator', 'extraFeatures': true
feature ':SocialIndicator', 'extraFeatures': true
feature ':ProductionEfficiencyFeature'
feature ':TechnologicalEfficiencyFeature', {
    conditional ":ProductionUnit", 'http://dbpedia.org/ontology/Provider', {
        include ':TechnologicalEfficiencyInTheField'
    }
    conditional ":ProductionUnit", 'http://dbpedia.org/resource/PhysicalPlant', {
        include ':TechnologicalEfficiencyInTheField', ':TechnologicalEfficiencyInTheIndustrial'
    }
}

```

---

### 5.6.3 Definir o modelamento e a forma de apresentação dos resultados

Finalmente, no comando *data*, os especialistas definem o nome da variável que contém as respostas dos usuários e, no comando *report*, fazem o cálculo do modelamento e definem o que vai ser apresentado. No algoritmo ??, é possível ver o cálculo dos índices de sustentabilidade e eficiência através das formulas do modelo usado pelo SustenAgro. É possível usar qualquer comando da linguagem Groovy ou biblioteca externa. As variáveis guardam os valores de interesse que serão mostrados no relatório de avaliação. No caso do SustenAgro, a variável *sustainability* guarda o índice de sustentabilidade e a variável *efficiency* guarda o índice de eficiência do sistema.

No relatório aparecerão a Matriz de Sustentabilidade (SustainabilityMatrix), o Semáforo de Sustentabilidade (SustainabilitySemaphore), o texto "Mapa da Microregião" e o mapa da microregião (onde a unidade produtiva se encontra). Cada uma dessas widget é instanciada na DSL e os valores de interesse são passados para os Web Components encarregados da apresentação. O framework Decisioner delega aos Web Components a tarefa de apresentação.

Usuários podem pedir a geração de relatórios em pdf, uma ferramenta de conversão de HTML para pdf é usada.



---

```

data 'data'
report {
  environment = weightedSum(data.':EnvironmentalIndicator')
  economic    = weightedSum(data.':EconomicIndicator')
  social      = weightedSum(data.':SocialIndicator')

  sustainability = (environment + social + economic)/3

  cost_production_efficiency = sum(data.':ProductionEfficiencyFeature')
  technologicalEfficiencyInTheField = 0.8*weightedSum(data.':
    TechnologicalEfficiencyInTheField')
  technologicalEfficiencyInTheIndustrial = 0.2*weightedSum(data.':
    TechnologicalEfficiencyInTheIndustrial')

  efficiency = Math.abs(cost_production_efficiency) * (
    technologicalEfficiencyInTheField+
    technologicalEfficiencyInTheIndustrial)

  sustainabilityMatrix x: sustainability, y: efficiency,
    label_x: ['en': 'Sustainability Index', 'pt': '
      Índice de Sustentabilidade'],
    label_y: ['en': 'Efficiency index', 'pt': '
      Índice de Eficiência'],
    range_x: [-43,43],
    range_y: [-160,800],
    quadrants: [4,3]

  sustainabilitySemaphore value: sustainability,
    label: ['en': 'Sustainability Level', 'pt': '
      Índice da sustentabilidade geral'],
    range: [-60,60]

  text 'en': 'Microregion map', 'pt': '**Mapa da microregião**'

  map data.'Microregion'
}

```

---

## 5.7 Considerações Finais

O desenvolvimento do sistema Sustenagro satisfaz uma necessidade presente na unidade da Embrapa Meio Ambiente: um sistema de avaliação de sustentabilidade em cana-de-açúcar no centro-sul do Brasil. O SAD SustenAgro representa e permite complementar informações e dados do estado atual de sustentabilidade nas fazendas e usinas. Ele produz relatórios com a finalidade de embasar e formalizar políticas para promover práticas produtivas mais sustentáveis, de acordo com critérios ambientais, sociais e econômicos.

Além de satisfazer uma necessidade institucional, o SustenAgro é uma proposta de SAD baseado em conhecimento e vinculado às tecnologias da web semântica. O SustenAgro não foi apenas uma instanciação do framework Decisioner, ele definiu o próprio framework. Através do desenvolvimento do SustenAgro, foi possível determinar as características gerais desse tipo de SAD, e implementá-las no framework, e as características específicas do Sustenagro, que foram implementadas usando a ontologia SustenAgro, os dois Web Components e a DSL.

Tendo o sistema SustenAgro instanciado e rodando, foi possível validar suas funcionalidades através de alguns experimentos com integrantes do projeto SustenAgro da Embrapa. Os resultados obtidos nas avaliações dos experimentos serão detalhados no próximo capítulo.

---

# Avaliação

---

O SAD SustenAgro (Capítulo ??) foi instanciado usando o Framework Decisioner (Capítulo ??) e avaliado, durante diferentes estágios de desenvolvimento, através de experimentos realizados com especialistas de domínio e usuários da Embrapa. Esses dois sistemas foram desenvolvidos com metodologias iterativas, onde foram realizadas várias inspeções e testes durante a implementação. Uma avaliação final também foi realizada para analisar se as funcionalidades foram implementadas corretamente.

A seguir, são apresentadas as avaliações realizadas no SAD SustenAgro e ao Framework Decisioner. Elas foram independentes e geraram resultados que levaram ao redesenho das arquiteturas de ambos sistemas em diferentes etapas do seu desenvolvimento.

## 6.1 Avaliação das Web UI.

Na finalização do processo de design das Web UI, explicado na Seção ??, foi realizada uma avaliação da usabilidade das mesmas no SAD SustenAgro. Os detalhes dessa avaliação foram:

**Data** Junho de 2015

**Participantes** Usuários da ferramenta: especialista em sustentabilidade e especialista em economia agrícola

**Local** Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC-USP)

**Técnica** Avaliação de usabilidade

Nesta avaliação foi apresentado, aos usuários especialistas em sustentabilidade, o processo de design da UI e o protótipo da interface gráfica de usuário do SAD SustenAgro sem dados reais. Nessas interfaces, eles interagiram com as telas, através de um navegador web, fazendo uso das funcionalidades do SAD que simulava os dados durante o processo.

Durante esta avaliação foram verificados, os três aspectos da usabilidade:

- **Eficácia:** as interfaces permitiram realizar as tarefas segundo as funcionalidades definidas e permitiam interagir de maneira intuitiva para realizar as tarefas.
- **Eficiência:** o acesso à ferramenta foi realizado em tempos esperados e foi possível realizar as tarefas com recursos típicos de um laptop e um navegador web.
- **Satisfação:** os usuários conseguiram realizar as tarefas sem problemas e com uma experiência de fácil uso, onde a ferramenta fornecia informação de ajuda para realizar as interações.

A avaliação foi positiva, cumprindo os três requisitos anteriores de usabilidade. Esta avaliação gerou várias recomendações para melhorar a interface gráfica de usuário, entre elas as mais relevantes foram:

- Mudar a organização do processo de avaliação, agrupando varias tarefas em uma seção denominada “caracterização da unidade produtiva”, que permite definir a localização, as principais características e a disponibilização da informação em um processo unificado.
- Agrupar os resultados em uma seção “Resultados”, integrando os Web Components específicos do SustenAgro com os resultados da avaliação.
- Organizar os indicadores em uma hierarquia simplificada que facilita o preenchimento dos mesmos.

Depois de implementar as recomendações anteriores, foi continuado o desenvolvimento com a integração da ontologia SustenAgro e da DSL. Foi necessário realizar ajustes da interface ao integrar cada funcionalidade. As principais mudanças foram realizadas devido a esta avaliação.

## **6.2 Avaliação da ontologia de domínio de avaliação da sustentabilidade.**

A ontologia SustenAgro foi o resultado da modelagem do conhecimento dos especialistas, que passou por várias etapas, desde ser definida em texto, modelada em mapas conceituais e criada a ontologia em OWL (esse processo foi detalhado na Seção ??). Cada uma dessas etapas requereu inspeções por parte dos especialistas para verificar a correta modelagem, uma avaliação formal foi realizada e os detalhes são descritos a seguir.

**Participantes** Especialista em sustentabilidade e especialista em modelagem de conhecimento

**Local** Embrapa Informática Agropecuária - Campinas

**Técnica** Visualização da ontologia e recuperação de conhecimento

O especialista em modelagem de conhecimento da Embrapa Informática Agropecuária e o especialista em sustentabilidade reuniram-se para realizar a revisão da ontologia SustenAgro por meio de ferramentas de engenharia de conhecimento que permitiram visualizar as ontologias.

As ferramentas usadas na avaliação foram yWorks <sup>1</sup> e Gephi <sup>2</sup>. Elas representaram aspectos da ontologia usando diversas visualizações de grafos, permitindo avaliar a coerência das conexões entre os nós daqueles grafos.

Também foi analisado o SAD SustenAgro, que tinha a ontologia integrada, usando as funcionalidades que requeriam dados da ontologia, verificando a informação recuperada e a coerência dela em relação à existente na ontologia.

A reunião de avaliação chegou no consenso: a ontologia OWL está representando a avaliação da sustentabilidade do sistema de produção de cana no centro-sul do Brasil, destacando a especificidade dela para suportar o SAD Sustenagro e que seu foco em conceitos concretos.

Foi recomendado integrar outros tipos de visualizações e editores de ontologia no framework Decisioner. Entre eles foi recomendado fornecer um editor visual de ontologias, baseado na ferramenta WebVOWL, definida e desenvolvida por ??). Devido a limitações de tempo, não foi possível a implementação dessa sugestão específica.

## 6.3 Avaliação do protótipo funcional com dados

Com a finalidade de avaliar a implementação do método SustenAgro, foram realizados testes de vários tipos de avaliações, para comparar com resultados de outras fontes, e assim validar a correta implementação. Os detalhes da avaliação foram.

**Data** 6 de junho do 2016

**Participantes** Especialista em sustentabilidade e especialista em economia agrícola

**Local** Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA)

**Técnica** Testes numéricos dos resultados do software

---

<sup>1</sup> <<http://www.yworks.com/>>

<sup>2</sup> <<https://gephi.org/>>

A revisão dos resultados numéricos foi realizada a partir de vários cenários de indicadores, sendo realizada uma comparação dos resultados processados manualmente com os resultados de avaliação do SAD SustenAgro. Os resultados manuais foram iguais aos calculados pelo sistema, o que permitiu validar a correta definição do método SustenAgro e sua implementação no SAD SustenAgro.

Os cenários avaliados foram casos extremos dos indicadores, processo denominado teste de mínimos e máximos, gerando resultados em forma de relatório para cada um dos cenários.

A Figura ?? apresenta a Matriz de Sustentabilidade com o cenário de mínimos. Na matriz, o ponto preto identifica o resultado da avaliação. Ele ficou no primeiro quadrante tal como se esperava. Os resultados para testes de máximos também se comportaram como esperado.

#### Matriz de Avaliação

Índice da sustentabilidade: **-41**

Índice de eficiência: **-158.4**

Quadrante: **1**

Recomendação: **Avaliação da eficiência: balanço da eficiência ‘tecnológica – produção – custo’ desfavorável ao sistema de produção de cana / sistema de produção de cana na fase inicial de implementação (avaliação de sustentabilidade comprometida) ou com muito baixa sustentabilidade – sistema de produção de cana não recomendado.**

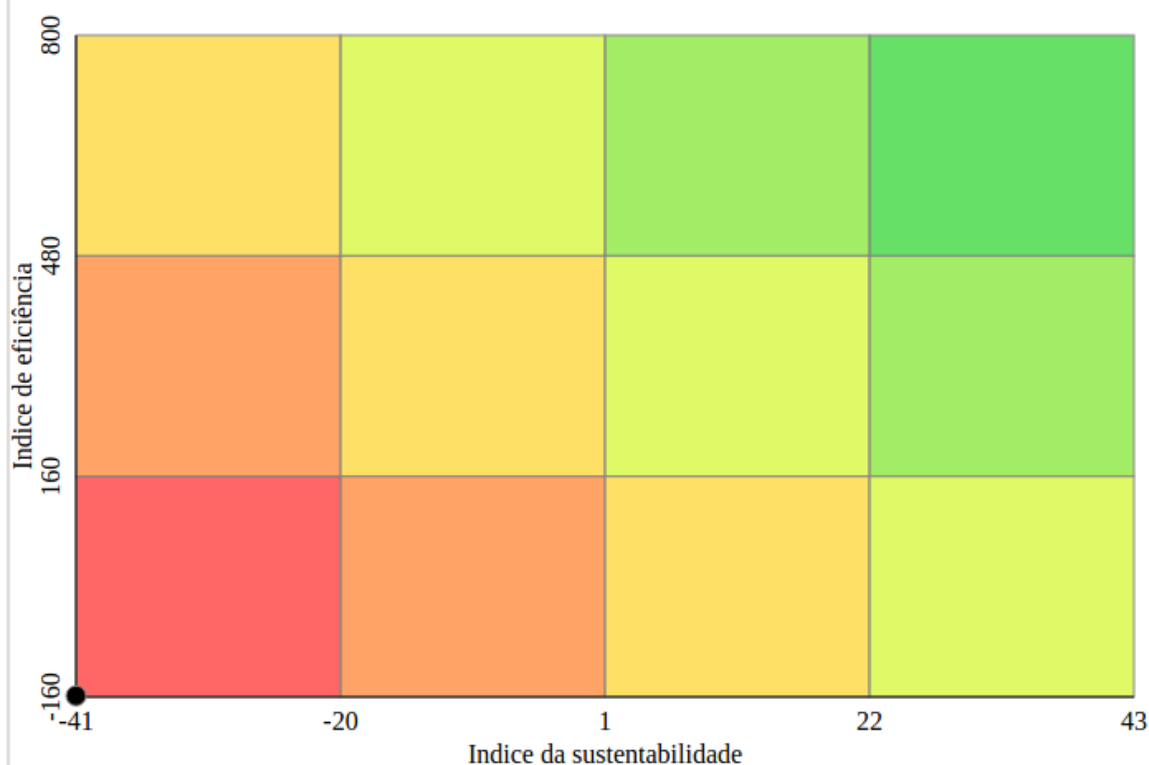


Figura 35 – Matriz de Sustentabilidade com valores mínimos.

Um dos aspectos mais importantes da ferramenta, é que ela permite que os próprios especialistas mudem, em tempo real, as fórmulas do método de avaliação, permitindo fazer ajustes finos no método. Por exemplo, durante a realização dos testes, foi descoberto um problema na fórmula do método SustenAgro original. Usando a DSL, algumas opções de correção foram tentadas e, rapidamente, foi possível redefinir a fórmula de avaliação. A possibilidade da interação direta e fácil dos especialistas, em tempo real, com o sistema permitiu demonstrar agilmente possíveis cenários de resolução desse problema e aceitar, rapidamente, uma solução (proposta pelo autor).

## 6.4 Avaliação do SAD SustenAgro e do Framework Decisioner:

A partir da avaliação da ontologia, da implementação do método SustenAgro e do desenvolvimento das Web UI realizou-se uma avaliação do SAD com a finalidade de avaliar a integração desses componentes.

**Data** 18 de maio do 2016 até o dia 22 de junho do 2016

**Participantes** Usuários especialistas e usuários finais.

**Local** Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC-USP)

**Técnica** Teste de usabilidade

Para realizar uma avaliação integral do SAD SustenAgro e do Framework Decisioner, foi necessário fazer testes de usabilidade com usuários de ambos os perfis do sistema (especialistas de domínio e usuários finais). Essa avaliação foi realizada com a maioria dos membros da equipe SustenAgro e com usuários finais, de maneira remota e independente, totalizando 8 avaliações.

A avaliação consistiu em realizar um conjunto de tarefas com o SAD SustenAgro v1.0 e responder se foi possível terminar a tarefa e as sugestões. As tarefas e perguntas solicitadas aos usuários estão listadas no Apêndice ?? e permitiram gerar os seguintes resultados das avaliações:

A partir dessa avaliação integral, feita por usuários finais e administradores, foram definidas várias melhorias a serem realizadas no Framework Decisioner e o SAD SustenAgro. Devido às limitações de tempo e de desenvolvedores, foram implementados apenas os ajustes visuais nas web UI, melhoras na apresentação dos resultados, na geração do PDF e, principalmente, a inclusão da linguagem inglês. Essa última mudança foi selecionada como de especial importância, por parte dos especialistas. Neste documento, são apresentadas várias telas, tanto em português como em inglês, que foram geradas a partir da implementação dessa funcionalidade.

<b>Perfil de Usuário</b>	<b>Avaliação</b>	<b>Sugestões</b>
Especialista em sustentabilidade	Positiva, realizou as 5 tarefas de usuário e as 5 tarefas de especialista de domínio com sucesso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir e acrescentar os termos de uso</li> <li>• Melhorar a sequencia de telas durante o cadastro de novo usuário</li> <li>• Balão explicativo dos campos do formulário de nova unidade produtiva, especificamente a propriedade de publicação dos dados</li> <li>• Definir o limite de caracteres para o campo de justificativa</li> <li>• Salvar avaliação ao mudar de aba</li> <li>• Justificativas sempre visíveis na tela de resultados.</li> <li>• Acrescentar bandeira em inglês e termos de uso</li> </ul>
Especialista economia	Positiva, realizou as 5 tarefas de usuário e as 5 tarefas de especialista de domínio com sucesso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salvar dados da seção automaticamente</li> <li>• Mudanças em alguns labels</li> <li>• Mudanças nos indicadores</li> <li>• Componentes gráficos para representar os dados</li> <li>• Editor visual de ontologia e internacionalização</li> </ul>
Especialista em ontologias	Positiva, realizou as 5 tarefas de usuário final com sucesso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhorar a apresentação do botão salvar</li> <li>• Indicadores em forma de pergunta com verbo e simbolo de pergunta</li> <li>• Informar a possibilidade de edição de indicadores</li> </ul>
Especialista agricultura	Positiva, realizou as 5 tarefas de usuário final com sucesso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadastrar mais de uma microrregião</li> <li>• Remover scroll externo, mudanças em vários indicadores</li> <li>• Melhorar a localização do botão salvar e avaliar</li> <li>• Salvar a seção para não perder os dados</li> <li>• Melhorar a apresentação do pdf</li> </ul>
Especialista em computação	Positiva, realizou as 5 tarefas de usuário final com sucesso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salvar a seção e os dados dela em tempo real</li> <li>• Integrar sistemas externos para poupar informação (caracterização da unidade produtiva)</li> </ul>

Tabela 1 – Avaliação dos especialistas do SAD SustenAgro



Perfil de Usuário	Avaliação	Sugestões
Usuário final 1	Positiva, realizou as 5 tarefas de usuário final com sucesso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar a ajuda para cada funcionalidade</li> <li>• Barra de progresso durante a avaliação</li> <li>• Resultados de avaliação mais detalhados</li> </ul>
Usuário final 2	Positiva, realizou as 5 tarefas de usuário final com sucesso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhorar a explicação do processo de avaliação</li> <li>• Resultados numéricos com formatação</li> </ul>
Usuário final 3	Positiva, realizou as 5 tarefas de usuário final com sucesso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Segurança no cadastro da senha</li> <li>• Melhorar a localização do botão avaliar</li> <li>• Remover scroll externo</li> <li>• Salvar automaticamente os dados</li> </ul>

Tabela 2 – Avaliação dos usuários finais do SAD SustenAgro

## 6.5 Workshop: validação do software SustenAgro v1.0 com equipe de especialistas.

A partir das melhoras realizadas na avaliação interna pelos dois tipos de usuários do SAD SustenAgro, o sistema foi disponibilizado em servidores web do ICMC. Esta publicação permitiu dar suporte a uma avaliação no formato de workshop com especialistas de diversos perfis que tinham interesse no SAD SustenAgro. O Workshop foi intitulado “Validação do software SustenAgro”, os detalhes do workshop são apresentados a seguir.

**Data** 14 de julho do 2016

**Participantes** Equipe do projeto SustenAgro de várias unidades da Embrapa

**Local** Embrapa Informática Agropecuária - Campinas

**Técnica** Delphi

O workshop teve o objetivo de avaliar a qualidade e acuidade do SAD SustenAgro em termos da clareza da informação técnica apresentada nas interfaces, com vistas a garantir o entendimento do usuário e possibilitar que a avaliação da sustentabilidade do sistema de produção de cana-de-açúcar seja realizada da melhor forma possível.

No workshop foi apresentado o formulário de avaliação (Seção ??) usando a técnica Delphi (??), a um grupo de especialistas com perfis de várias áreas do conhecimento, entre eles destacam-se:

- Especialista em sustentabilidade
- Especialista em ciências agrícolas
- Especialista em modelagem de conhecimento
- Especialista em ciência e tecnologia do bioetanol
- Especialista em ciências da computação
- Especialista em economia agrícola
- Especialista em biotecnologia
- Mestrando em ciências da computação (sistemas web e multimídia)
- Mestrando em Planejamento de Sistemas Energéticos

As interações com o sistema foram filmadas enquanto os usuários executavam uma lista de tarefas. Monitores do ICMC ficavam estimulando os usuários a falar o que estavam pensando (técnica Think Aloud (??)) e os questionavam, quando tinham alguma dificuldade de interação. Ao final, houve um debriefing e foram também colhidas mais sugestões de mudança.

Os especialistas aprovaram a ferramenta tanto na interação como no conteúdo dela, com as seguintes sugestões:

- As perguntas dos indicadores não são de fácil interpretação.
- Colocar mais informações na interface para facilitar o uso dela, por exemplo o significado de alinhamento dos indicadores.
- Alguns indicadores estão repetidos.
- Os resultados da avaliação deveriam estar por dimensão.
- Demora para salvar os dados inseridos.
- A informação dos site tem inconsistências em relação à informação do pdf gerado.
- A recomendações do relatório precisam mais detalhamento.

É interessante que muitas das sugestões não tem haver com aspectos computacionais ou de interface, mas sim com o processo de avaliação de sustentabilidade. Esse processo é de inteira responsabilidade dos especialistas de domínio (e foge totalmente do escopo deste trabalho). Isso foi um ponto positivo. É natural que especialistas em sustentabilidade estejam muito mais interessados na sua área do que nos aspectos computacionais do SAD SustenAgro. Uma boa interface é aquela que desaparece da mente do usuário e permite que este se foque na sua tarefa. Neste caso, a avaliação de sustentabilidade. Acreditamos que o SAD SustenAgro atendeu bem a esse requisito.

## 6.6 Avaliação de SAD SustenAgro nos servidores da Embrapa

A partir da aprovação do SAD SustenAgro, por parte dos especialistas no workshop, foi autorizada a instalação da ferramenta nos servidores da Embrapa Meio Ambiente. Essa instalação foi um esforço coordenado entre o desenvolvedor do framework Decisioner (o autor deste trabalho) e técnicos de informática da Embrapa.

**Data** 18 de agosto do 2016

**Participantes** Especialista em Sustentabilidade e especialista em TI

**Local** Embrapa Meio Ambiente - Campinas

**Técnica** Teste de integração

A instalação, coordenada pelo desenvolvedor do Framework Decisioner e técnicos da Embrapa, foi problemática. A Embrapa não autoriza o acesso físico ou via ssh aos servidor por parte de profissionais externos. Por esta razão, foi criado um documento de instalação, descrito no Apêndice ???. Nele estão as instruções para instalar o Framework Decisioner e instanciar o SAD SustenAgro.

A instalação foi exitosa e o sistema está funcionando no endereço <<https://sustenagro.embrapa.br/>>. Atualmente o endereço não está no ar, pois o SAD SustenAgro está em processo de registro no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), em nome da Embrapa e USP, e a Embrapa ter uma política de exigir esse registro para liberação para uso externo.

## 6.7 Conclusões

Essas avaliações permitiram verificar que os requisitos do Framework Decisioner e do SAD SustenAgro foram implementados corretamente e que atenderam as necessidades dos especialistas de domínio e usuários finais, identificadas nos levantamentos de requisitos.

As avaliações ocorreram em diferentes fases do projeto e cada uma trouxe correções e melhoras que foram implementadas, na medida do possível, segundo a relevância de cada mudança e o tempo disponível para desenvolvedor do projeto. Por ter sido desenvolvido em um processo cíclico, cada iteração acrescentou novas funcionalidades que fizeram mudar a arquitetura dos sistemas, gerando bugs e inconsistências. Na versão 1.0, os sistemas contam com funcionalidades estáveis que permitem fornecer os serviços implementados. Correções e sugestões recebidas durante a avaliação e não implementadas por problema de tempo, foram deixadas como trabalhos futuros, que serão apresentados no próximo capítulo juntamente com as conclusões.



---

## Conclusões

---

As principais contribuições desta pesquisa foram o método e ferramenta de geração de SADs usando ontologias e DSLs. Esse método permite complementar o conhecimento descrito em uma ontologia com uma DSL, que define o comportamento e formato de um SAD.

Ontologia e DSL estão abertas a edição pelos especialistas de domínio. Eles podem editá-las, através de editores online (na própria ferramenta), e modificar aspectos fundamentais do SAD em tempo real. Essa característica permite um ciclo de desenvolvimento mais curto e uma participação ativa dos especialistas de domínio. Como o Framework Decisioner fornece uma aplicação semiacabada (como todo o framework) que os próprios especialistas de domínio podem modificar, isso tende a diminuir os custos associados a criação de SADs.

O Framework Decisioner, o SAD SustenAgro e o método de definição de SADs proposto tiveram uma avaliação positiva por parte dos especialistas do domínio sustentabilidade e usuários finais da Embrapa e do projeto SustenAgro. Essas avaliações demonstraram que as ferramentas e o método proposto solucionaram, para o caso do SustenAgro, os problemas identificados na pesquisa e que os objetivos específicos desta pesquisa foram satisfeitos.

Deve-se ressaltar que, apesar dos bons resultados das avaliações e do entusiasmo dos especialistas da Embrapa (que nunca tiveram tantas facilidades para modificar o código de um projeto de SAD), ainda não é possível, para especialistas de domínio, desenvolver um SAD, usando o Decisioner, a partir do zero. Mas os resultados mostraram que eles podem modificar muitos aspectos do sistema sem a ajuda de programadores. O que é um avanço muito grande, se comparado com o que é possível fazer em métodos de desenvolvimento tradicionais. Outra importante contribuição foi a geração de uma versão funcional do SAD SustenAgro. Ela permitiu cumprir os objetivos do projeto SustenAgro da Embrapa, fornecendo uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade em cana-de-açúcar que pode

efetivamente ser usada por empregados de fazendas e usinas.

Para continuar a pesquisa, foram sugeridos trabalhos futuros. Dentre os mais relevantes estão a metodologia de criação de ontologias e as ferramentas web para editá-las.

## 7.1 Resultados

Os resultados obtidos foram:

1. Ontologia SustenAgro sobre avaliação de sustentabilidade em sistemas produtivos de cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil. Ela representa os principais conceitos desse domínio, necessários para o suporte da avaliação de sustentabilidade. Dentre eles, estão os indicadores, unidades produtivas, microrregiões, índices e métodos de avaliação. A ontologia padroniza o conhecimento dos especialistas em um formato computável. Ela foi desenvolvida em parceria com os especialistas de domínio de sustentabilidade da Embrapa.
2. Ontologia sobre tipos de dados e controles visuais para suportar a geração automática das interfaces gráficas dos SADs. Ela permite associar tipos de dados às widgets (Web Components) necessárias para a geração automática das UI para os SAD.
3. DSL que permite definir o comportamento de um SAD, usando os conceitos das ontologias, e integrar Web Components para gerar as Web UIs. Dentro dos elementos suportados, estão a definição dos objetos de avaliação, de indicadores, das fórmulas do método de avaliação e da definição do formato do relatório de cada análise.
4. Método e framework Decisioner para definir SADs, baseados em ontologias e DSLs. O framework Decisioner possui uma arquitetura escalável para permitir sua aplicabilidade a outros tipos de SADs (além do SustenAgro).
5. O SAD SustenAgro: sistema para avaliação da sustentabilidade em cana-de-açúcar, que foi implementado usando o Framework Decisioner. O SAD SustenAgro permite a reconfiguração, m tempo de execução, dos conceitos do domínio, métodos de avaliação e componentes das interfaces gráficas, através do Framework Decisioner.
6. Resultados de avaliação do processo de design do SAD SustenAgro e do seu protótipo final. Eles comprovaram que é possível gerar um SAD, baseado no framework Decisioner, a partir de uma ontologia e DSL, e ter sua Web UI gerada automaticamente. Eles também demonstram que especialistas de domínio são capazes de alterar a ontologia e DSL, sem a ajuda de programadores, e ver os resultados dessas modificações em tempo real. Essa flexibilidade torna o desenvolvimento de SADs mais ágil com potencial de redução de seus custos finais.

7. Artigo “Sustainability assessment of sugarcane production systems: SustenAgro Method” submetido ao periódico da Elsevier “Energy for sustainable Development”. ISSN: 0973-0826. Submissão realizada no dia 23 de dezembro de 2016.
8. Artigo “SustenAgro Sistema de Apoio à Decisão baseado em Ontologias e definido por uma Linguagem de Domínio Específico” submetido ao periódico “Revista Brasileira de Sistemas de Informação”. ISSN Eletrônico: 1984-2902.

## 7.2 Dificuldades

Durante a realização desta pesquisa foram identificadas as seguintes dificuldades identificadas durante a realização da pesquisa, foram as seguintes:

A primeira delas refere-se à falta de dados e informações para modelar o domínio do conhecimento de avaliação em sustentabilidade. Depois de estabelecer meios de representação para modelar o conhecimento dos especialistas, descobriu-se que não existiam dados existentes na Embrapa Meio Ambiente que representassem instâncias dos conceitos definidos. Pelo que foi necessário fazer a coleta de dados por parte dos desenvolvedores, desenvolvendo formulários web e analisando as dados enviados, este processo dificultou o desenvolvimento do projeto.

Outra dificuldade foi a falta de trabalhos de referência sobre a integração de ontologias e DSLs, o que levou a realização de alguns desenvolvimentos de maneira errada que consumiram tempo da pesquisa.

A dificuldade mais importante enfrentada foi de carácter organizacional, entre a equipe do projeto do ICMC e da Embrapa. Esse problema deve-se a uma diferença entre culturas de áreas diferentes, computação e sustentabilidade, e da existência de interesses heterogêneos, por parte da USP e da Embrapa. A Embrapa não desenvolve apenas pesquisas, mas usa essas pesquisas em programas de extensão agrícola. Assim, aspectos como, por exemplo, registro de software, que no mundo acadêmico tem importância periférica, são muito mais importantes. A Embrapa não permite que programas, desenvolvidos por ela ou em colaboração com ela, sejam disponibilizados para o público em geral antes do registro no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Como o SAD SustenAgro foi uma colaboração entre Embrapa e USP, a USP deve compartilhar esse registro com a Embrapa. Infelizmente, a burocracia da USP é muito demorada e esse registro está demorando muito mais que o necessário. A Embrapa tem uma comunidade de produtores de cana, usinas e cooperativas do setor interessados em sustentabilidade. Apesar do SustenAgro ter sido avaliado por um número expressivo de profissionais, seria muito interessante uma avaliação por usuários finais de fazendas e usinas.

### 7.3 Trabalhos futuros

A partir da análise dos resultados e das dificuldades, foram identificadas várias ideias que permitirão complementar e melhorar os resultados desta pesquisa. Também, a partir das seguintes ideias de trabalhos futuros, fica a possibilidade de definir projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico.

#### Metodologia de modelagem de conhecimento dos especialistas

O método de definição de conhecimento, explicado na seção ??, permite propor uma metodologia geral de modelagem de conhecimento de especialistas de domínio. Ela seria uma nova proposta que poderia estar composta das seguintes etapas:

1. Definição textual do conhecimento do domínio do especialista e identificação dos elementos principais.
2. Modelagem de um mapa conceitual, a partir dos elementos principais, que permita classificar os conceitos e estabelecer relacionamentos entre eles.
3. Modelagem da ontologia de maneira gráfica, através de um editor visual de ontologias, que faça uso dos conceitos, classificações e relacionamentos, identificados nos mapas conceituais, e permita definir ontologias em formato OWL
4. Geração do formato computável da ontologia e carregá-la automaticamente em um sistema web, para permitir o gerenciamento dela.
5. Instanciação da ontologia, por meio de serviços web, com instâncias que representem dados reais do domínio para permitir o uso da ontologia e seus dados em outros sistemas.

Essa metodologia facilitará a definição de conhecimento, por parte dos especialistas, por fornecer uma abordagem mais gradual da modelagem.

#### Editor web de ontologias em OWL.

O Framework Decisioner integra um editor de ontologias, baseado no formato YAML. Ele dá suporte a edição de ontologias, em tempo de execução, através de uma Web UI. Ele pode ser complementado com um editor visual de ontologias que permita a visualização e edição em forma de grafos. Um exemplo desse tipo de abordagem é o visualizador de ontologias WebVOWL <sup>1</sup>.

O editor de ontologias em OWL integrará a metodologia de modelagem de conhecimento, proposto anteriormente, e poderá ter um repositório online de conhecimento que permita a reuso.

<sup>1</sup> <<http://vowl.visualdataweb.org/webvowl.html>>



## Linguagem simplificada de consultas Sparql

O DSL Interpreter tem um módulo que simplifica as consultas Sparql nas triple-stores. Esse módulo é um protótipo que pode ser melhorado e generalizado para facilitar o armazenamento e recuperação de informações semânticas, por meio de uma linguagem mais simples que Sparql.

Esse módulo pode ser disponibilizado como uma biblioteca que dê suporte ao desenvolvimento de programas que façam uso de Sparql.

## Linguagem de edição de Web UIs

As web UI para os SADs possuem vários tipos de web components. É possível modificar a aparência dessas web UIs, usando Cascading Style Sheets (CSSs) e uma DSL interna de uso dos programadores. Mas esse tipo de modificação fica além do que especialistas podem fazer.

Para suportar a definição e modificação da organização e apresentação das UI, por parte dos especialistas, é necessária uma linguagem de gerenciamento das widgets (elementos de uma UI) com suporte a edição gráfica.

## Instanciação de outros SAD usando o Framework Decisioner

O Framework Decisioner foi criado para permitir a instanciação de uma classe de SADs que criam análises e recomendações para um cenário específico. Mas ele foi desenvolvido a partir do caso de uso de apenas um SAD desse tipo, o SustenAgro. Com a instanciação de outros SADs, para áreas diferentes de sustentabilidade, a generalidade do framework pode ser testada e, se necessário, mudanças implementadas. Instruções e funcionalidades, que façam parte de outros SADs diferentes do SustenAgro, podem ser integradas ao framework para generalizar seu escopo.

## Georreferenciamento

Um aspecto importante, para vários tipos de SADs, são a associação de termos e tecnologias de georreferenciamento. Eles são importantes para relacionar conhecimentos associados a locais específicos. No caso dos SADs associados a agricultura, como SustenAgro, isso permitirá a recuperação de dados existentes em fontes geográficas externas, como Geonames<sup>2</sup>, Wikimapia<sup>3</sup> e DBpedia<sup>4</sup>.

---

<sup>2</sup> <<http://www.geonames.org/>>

<sup>3</sup> <<http://wikimapia.org/>>

<sup>4</sup> <<http://wiki.dbpedia.org/>>

## Biblioteca de Web Components

O Framework Decisioner conta com aproximadamente 60 Web Components. Eles dão suporte na geração de UIs, as quais podem ser agrupadas em uma biblioteca, para permitir seu reuso e a definição de Web Componentes especializados, como os desenvolvidos para o SAD SustenAgro.

A biblioteca Polymer<sup>5</sup> suporta a criação de Web Components reusáveis para compor Web UIs. Dada as suas características recomenda-se a implementação dessa biblioteca com essa tecnologia.

## 7.4 Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com uma bolsa de estudo financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) no âmbito do Ministério da educação do Brasil.

Um especial agradecimento pelo apoio excepcional à Dra. Katia Regina Evaristo de Jesus, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, coordenadora do Projeto 'Avaliação da Sustentabilidade de Sistemas de Produção da Cana-de-açúcar e Soja na Região Centro-Sul do Brasil: Uma proposta metodológica e de modelo conceitual SustenAgro', financiado pela Embrapa. Os dados técnicos empregados no desenvolvimento do Software foram desenvolvidos no escopo do projeto supra citado.

Também um especial agradecimento ao pesquisador Sérgio Alves Torquato da Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio – APTA/ UPD Tietê/SP.

---

<sup>5</sup> <<http://wiki.dbpedia.org/>>

---

# Método SustenAgro de Avaliação de Sustentabilidade

---

Este anexo apresenta os principais conceitos relacionados com a avaliação da sustentabilidade segundo os fins do projeto SustenAgro, e como foram usados no processo de avaliação de sustentabilidade.

## A.1 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 capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades, Brundtland Commission” (???)

Este conceito foi ratificado pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio-92 (??) a Rio+20 (??), 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 (??).

??) teoriza que não há como alcançar 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 sustentabilidade está vinculada a vários domínios de conhecimento, um deles é a sustentabilidade em agricultura, que é de especial interesse na segurança alimentar. se-

gundo a FAO em 2050 a população mundial atingirá 9.1 bilhões de pessoas (??), o qual imporá enormes desafios para garantir a sustentabilidade em meio do aumento de alimentos. Por isso são necessários incentivos e políticas para garantir a sustentabilidade na agricultura, através da geração de estratégias que permitam conhecer o estado dos sistemas produtivos e melhorar segundo as necessidades identificadas.

Segundo ?? os sistemas agrícolas evoluem continuamente e são afetados por uma gama de forças globais e locais, sendo os tecnológicos e políticos que mais influenciam na sustentabilidade da agricultura, permitindo identificar e melhorar diversos aspectos da produção agrícola.

Uma estratégia para quantificar a sustentabilidade é a definição métodos e metodologias de avaliação, as quais utilizam indicadores. Um exemplo deste enfoque é exposto por ?? 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.

## A.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 ?? 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 (??), onde foram identificadas as três dimensões da sustentabilidade: ambiental, social e econômica, as quais têm a mesma importância gerando equilíbrio.

Ditas dimensões são sistemas complexos que integram fenômenos de natureza diversa (??), 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.

A Figura ?? representa as três dimensões com a sustentabilidade como a interseção entre elas.

## *The Three Spheres of Sustainability*

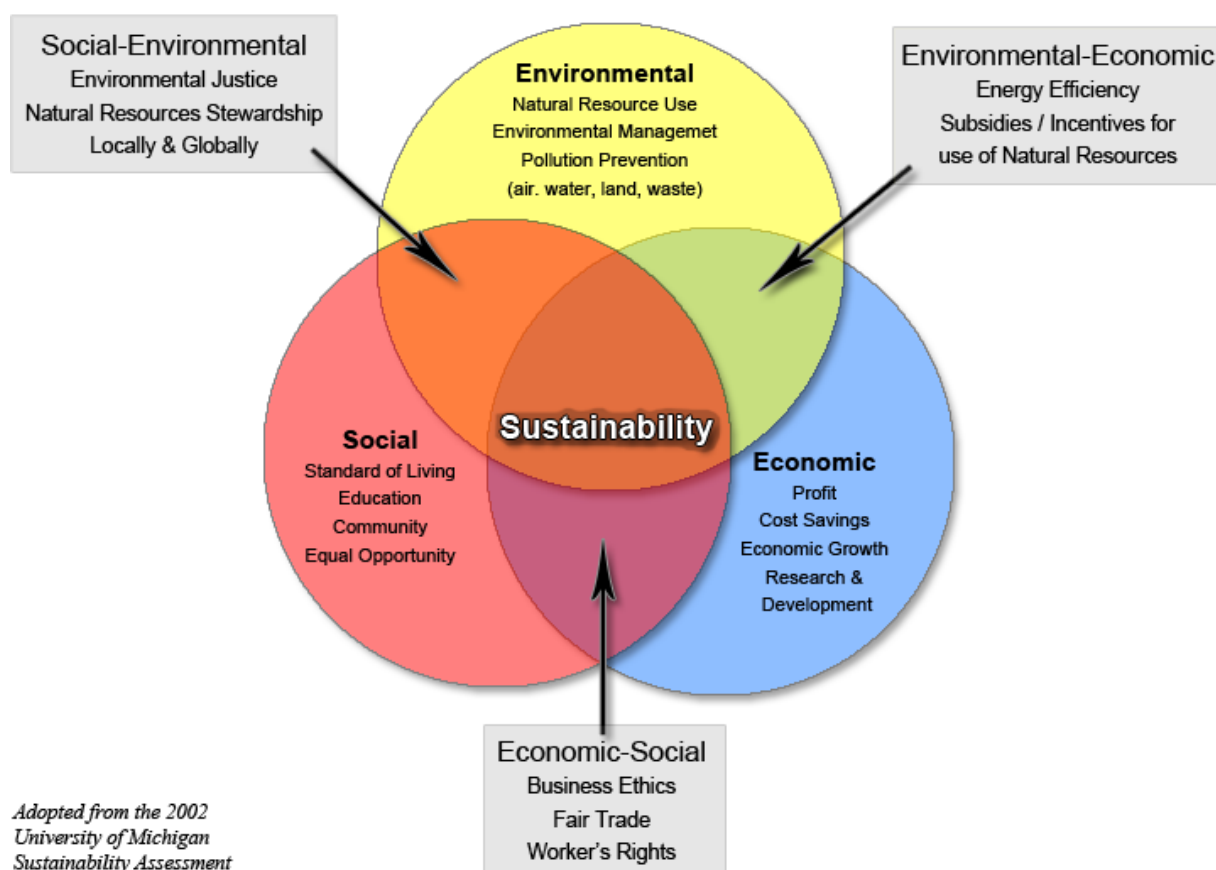


Figura 36 – Dimensões da sustentabilidade

<sup>1</sup>Essas dimensões serão usadas como contenedores gerais dos conceitos de sustentabilidade em agricultura permitindo agrupar conceitos relacionados.

### A.3 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 (??), 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 definidos pela equipe de especialistas são (??):

- Produtividade: Relacionado a eficiência e custos.

<sup>1</sup> Tomada de: [http://www.vanderbilt.edu/sustainvu/cms/files/sustainability\\_spheres.png](http://www.vanderbilt.edu/sustainvu/cms/files/sustainability_spheres.png)

- Estabilidade: Capacidade do ecossistema de absorver perturbações e permanecer inalterado (Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe/Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, CEPAL/PNUMA, 1994)
- Equidade: Distribuição dos produtos do agroecossistema entre produtores e consumidores (Dias Junior, 2000)
- Resiliência: Capacidade do ecossistema de retornar ao estado original após de uma perturbação (CEPAL/PNUMA, 1994)
- Autonomia: Grau de integração do agroecossistema no fluxo de materiais, energia e informação entre as partes constituintes e entre o agroecossistema e o ambiente externo (Fernández, 1995)

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.

## A.4 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 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.

Os atributos norteadores propostos para o sistema são:

- 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 contenedores 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.

## A.5 Método SustenAgro

O método SustenAgro foi construído a partir de literatura científica e de contribuições de pesquisadores de instituições de pesquisa como (IBGE<sup>2</sup>, CONAB<sup>3</sup>) e validados por meio da técnica Delphi de consultas aos especialistas. O método foi desenvolvido dentro do projeto SustenAgro liderado pela pesquisadora Dra. Katia Regina Evaristo de Jesus da Embrapa Meio Ambiente.

O método SustenAgro está composto pelos índices da eficiência e índice da sustentabilidade, o índice da eficiência têm dois fatores de eficiência tecnológica no campo e na indústria e o índice da sustentabilidade está composto pelas dimensões ambientais, econômica e social.

A continuação serão apresentadas as fórmulas destes dois índices:

### Índice de eficiência:

As equações para calcular o índice da eficiência são:

#### Fórmula de eficiência tecnologia no campo:

$$efficiency(field) = \frac{\sum (CharacteristicsField * RelevanceProduction)}{*correctionFactor(0.8)}$$

#### Fórmula de eficiência tecnologia na indústria:

$$efficiency(industry) = \frac{\sum (CharacteristicsProcessing * SugarcaneProcessing)}{*correctionFactor(0.2)}$$

#### Fórmula de eficiência produtiva e de custo:

$$efficiencyAndCost = \sum (SugarcaneEquality + \sum (Logistic + MarketVariables + Policies + Productivity))$$

<sup>2</sup> IBGE: Brazilian Institute of Geography and Statistics, <<http://www.ibge.gov.br/home/>>

<sup>3</sup> CONAB: National Supply Company, <<http://www.conab.gov.br/>>

**Índice de eficiência:**

$$EfficiencyIndex = \sum (efficiency(filed) + efficiency(industry)) \\ * efficiencyAndCost$$

**Índice de sustentabilidade**

As equações para calcular o índice de sustentabilidade são:

**Fórmula da dimensão ambiental:**

$$EnvironmentalIndex = \sum (EnvironmentalIndicator * EnvironmentIndicatorWeight)$$

**Fórmula da dimensão econômica:**

$$EconomicIndex = \sum (EconomicIndicator * EconomicIndicatorWeight)$$

**Fórmula da dimensão social:**

$$SocialIndex = \sum (SocialIndicator * SocialIndicatorWeight)$$

**Índice de sustentabilidade:**

$$SustainabilityIndex = \sum (EnvironmentalIndex + EconomicIndex + SocialIndex) / 3$$

O usuário deverá ser informado da importância dos processos de avaliação, exemplo dados pelos especialistas (não tem referências porque só são exemplos):

- “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 de avaliar a sustentabilidade, o usuário receberá recomendações classificadas sobre práticas de sustentabilidade recomendadas com sua argumentação, exemplos (não tem referências) :

- (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 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”.

## A.6 Matriz de sustentabilidade

Os índices de eficiência e de sustentabilidade quantificam a sustentabilidade de uma unidade produtiva, e são representados por meio de uma matriz que tem como finalidade relacionar o resultado da avaliação com determinadas classificações correspondentes a cada uns dos quadrantes da matriz. A figura ?? representa cada uma das classificações com os limiares correspondentes a cada índice.

461-800 Very Favorable Efficiency	9	10	11	12
161-460 Favorable Efficiency	5	6	7	8
-146-160 Unfavorable Efficiency	1	2	3	4
	(-60) to (-31) Very low performance of the indicators	(-30) to 00 Low performance of the indicators	01 to 30 Average performance of the indicators	31 to 60 Good performance of the indicators

Figura 37 – Design da matriz de sustentabilidade

Matriz fornecida pelos pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente.

## A.7 Conclusões

O método de avaliação de sustentabilidade foi validado pelos especialistas e depois de varias iterações definiu-se uma versão estável, que foi usada no desenvolvimento do Sistema SustenAgro, dito método é mantido e atualizado pela Embrapa Meio Ambiente e os desenvolvedores de software garantem que ele seja aplicado corretamente mas não têm responsabilidade nenhuma pela eficácia da aplicação dele.

---

# Indicadores de Sustentabilidade

---

## B.1 Índice de Sustentabilidade

O índice de sustentabilidade revela o estado de um sistema ou fenômeno, sendo 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 (??)

No projeto SustenAgro os índices serão dados numéricos gerais representaram 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 permitirá quantificar a sustentabilidade em cada aspecto do sistema produtivo e fazer comparações com outros sistemas produtivos compatíveis.

## B.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 (??), 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 apontam que determinada característica, produto, ou serviço, está dentro do que for considerado sustentabilidade, serão os pontos mínimo e máximo aceitáveis na amplitude da sustentabilidade.

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 poderá ser empregada 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 no conceito de limiares é possível desenhar metodologias de avaliação onde sejam usados os valores numéricos de cada limiar para fazer comparações, o que permite definir se determinado sistema produtivo e/ou contexto é mais sustentável do que outro sistema produtivo e/ou contexto.

### B.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 agrega, quantifica e simplifica informações sobre fenômenos complexos de modo que as tendências ficam mais significativas e aparentes, a fim de melhorar o processo de entendimento e comunicação(????).

De acordo com ??) 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 ??) e advertir sobre eventuais perturbações potenciais??).

Normalmente um indicador é utilizado como um pré-tratamento aos dados originais ??). Indicadores são parâmetros que podem ser utilizados como medida do cumprimento dos critérios ??). 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 ??). Não há indicadores universais, pois eles podem variar segundo o problema ou objetivo da análise.

Quanto 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/metastas 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, ??) 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 com baixo custo, ser de fácil execução e apresentar dados cientificamente válidos;
- iii. Serem concebidos para que o agricultor participe das medições, adaptados às necessidades dos usuários da informação e estarem embasados em linguagem clara;
- iv. Serem sensíveis às mudanças do sistema ao detectar a magnitude dos desvios e tendências, oferecendo prognósticos e perspectivas para planejar e tomar decisões;
- v. Fornecerem indicação clara a respeito da sustentabilidade do sistema estudado e refletirem os impactos estudados sob o enfoque integrado;
- vi. Representarem padrões ecológicos, sociais, econômicos e espaciais, que tenham correspondência e sensibilidade com o nível de agregação do sistema considerado;
- vii. Conter um nível de agregação que permita comparações individuais, intertemporais e o cruzamento com outros indicadores;
- viii. Fornecerem informações para avaliar os trade-offs entre as dimensões da sustentabilidade e correlações com os processos dos ecossistemas;

- ix. Poder ter repetibilidade, de modo que as medições possam ser realizadas por diferentes pessoas e que os resultados sejam comparáveis
- x. A construção do indicador deve observar parâmetros politicamente corretos.

A OECD<sup>1</sup> 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 déficit 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.

## **B.4 Dados fornecidos pela Unidade de Meio Ambiente da Embrapa**

A principal fonte de dados para este projeto foi fornecida pela pesquisa de ??, onde inicialmente foram identificados 62 indicadores de sustentabilidade no sistema de cana-de-açúcar, os quais foram analisados e caracterizados, gerando 39 indicadores como os mais relevantes (??), por meio de uma validação com porcentagem maior ou igual a 60% feita por uma comunidade de especialistas em sustentabilidade.

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

<sup>1</sup> Organisation for Economic Co-operation and Development <<http://www.oecd.org/brazil/>>

Os indicadores da tabela ?? 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.

<b>Indicadores da dimensão ambiental</b>
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 3 – Indicadores de sustentabilidade de SustenAgro na dimensão ambiental

Os indicadores da tabela ?? 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.

<b>Indicadores da dimensão social</b>
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 4 – Indicadores de sustentabilidade de SustenAgro na dimensão social

Os indicadores da tabela ?? 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.

<b>Indicadores da dimensão econômica</b>
<b>Indicadores Agrícola/Industrial</b>
Implantação de biorrefinarias
Rotação de cultura (soja)
Área plantada/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
<b>Indicadores Produtos/Subprodutos</b>
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 2ª. e 3ª. gerações
<b>Indicadores Tecnológicos</b>
Desenvolvimento de leveduras mais resistentes a concentrações elevadas de álcool (Fermentação Extrativa)
<b>Indicadores Políticos</b>
Iniciativas do poder público com a proteção ao ambiente

Tabela 5 – Indicadores de sustentabilidade de SustenAgro na dimensão econômica

## B.5 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. A complexidade envolvida requereu identificar um tipo de KOS que permita representar cada um dos conceitos necessários que compõem o processo de avaliação da sustentabilidade. O 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.



---

# Instalação

---

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

## C.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 máquina 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 será descrita a continuação:

### Instalação do Java:

Segundo a documentação de Java OpenJDK, a instalação é realizada pelo comando:

---

Código-fonte C.1 – Instalação do Java

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

---

### 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 site<sup>1</sup> do framework Grails, que exige uma versão 7 de Apache Tomcat para suportar o deploy dos arquivos WAR.

---

<sup>1</sup> <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, com código:

---

---

#### Código-fonte C.2 – Instalação do Apache Tomcat

```
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

---

---

#### Código-fonte C.3 – Configuração dos Users

```
<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

---

---

#### Código-fonte C.4 – Exportar variáveis de entorno

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

---

Finalmente executar o comando, e verificar a execução do programa na URL `/manager` do domínio do servidor

---

---

#### Código-fonte C.5 – Iniciar o servidor

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

---

## Instalação do WkHtmltoPdf

A tecnologia WkHtmltoPdf permite converter páginas web em formato HTML a Portable Document Format (PDF), suportando a funcionalidade de gerar os reportes em formato PDF. A instalação consiste em fazer download dos arquivos binários e a configuração de um X Server Virtual para suportar o renderizado, os comandos são mostrados a continuação:

---

---

**Código-fonte C.6 – Instalação do wkhtmltopdf**

```
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 contém o seguinte comando:

---

---

**Código-fonte C.7 – Execução do wkhtmltopdf**

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

---

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.

---

---

**Código-fonte C.8 – Instalação do Blazegraph**

```
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
```

---

## C.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.

---

---

Código-fonte C.9 – Execução do sustenagro

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

---

---

# Formulários de avaliação

---

## D.1 Formulário de avaliação SustenAgro

O processo consiste em realizar cinco tarefas descritas a continuação, e responder as seguintes três perguntas para cada tarefa:

- Conseguiu realizar a tarefa?
- Teve algum problema/dúvida durante a realização da tarefa?
- Tem sugestões que permitam melhorar/facilitar a realização da tarefa?

### Tarefa 1

Cadastrar usuário:

1. Ingressar no software SustenAgro em <http://java.icmc.usp.br:1300/>
2. Dar click na opção de 'Inscrever-se' e ingressar no formulário de cadastro de novo usuário
3. Preencher o formulário e enviar
4. Ingressar ao sistema com seus dados cadastrados.

### Tarefa 2

Cadastrar uma unidade produtiva:

1. Dar click no link de 'Avaliação'
2. Cadastrar no formulário de uma nova unidade produtiva.
3. Preencher o formulário e enviar

### Tarefa 3

Preencher dados da avaliação:

Se a anterior tarefa foi realizada com sucesso, o sistema vai encaminhá-lo ao formulário de nova avaliação, em caso negativo pode dar click no botão 'Análises' e 'Nova Análise', para realizar:

1. Preencher alguns dados de avaliação de eficiência e custo
2. Preencher alguns dados de avaliação da sustentabilidade
3. Solicitar avaliação por meio do botão 'Avaliar'

### Tarefa 4

Visualizar os resultados:

Se a anterior tarefa foi realizada com sucesso, o sistema vai encaminhá-lo a tela de 'Resultados da avaliação', em caso negativo pode dar click no botão 'Análises' e selecionar a análise cadastrada, para realizar:

1. Visualizar a planilha de eficiência e custo
2. Visualizar a planilha de sustentabilidade
3. Visualizar o relatório da avaliação
4. Visualizar os dados da avaliação na aba 'Avaliação'

### Tarefa 5

Editar avaliação:

1. Na tela de 'Resultados da avaliação' selecionar a aba 'Avaliação'
2. Acrescentar alguns dados de avaliação de eficiência e custo
3. Acrescentar alguns dados de avaliação da sustentabilidade
4. Solicitar a atualização por meio do botão 'Atualizar'

## D.2 Formulário de avaliação Decisioner

O processo consiste em realizar cinco tarefas descritas a seguir, e responder as seguintes três perguntas para cada tarefa:

- Conseguiu realizar a tarefa?

- Teve algum problema/dúvida durante a realização da tarefa?
- Tem sugestões para melhorar/facilitar a realização da tarefa?

As seguintes tarefas devem ser realizadas na interface de administração do sistema:

### **Tarefa 1**

Cadastrar novo indicador

1. Ingressar com login de administrador no software SustenAgro em <http://java.icmc.usp.br:1300/>
2. Dar click no link 'Ontology'
3. Clicar em Feature, Indicador, Indicador de Sustentabilidade e Dimensão Social

Cadastrar uma nova dimensão, atributo e indicador a partir da linha 1020 no seguinte formato:

---

#### Código-fonte D.1 – Código de novo indicador

AgriculturalIndicator:

```
is_a: SustainabilityIndicator
relevance: 1.0
label:
  - Agricultural dimension @en
  - Dimensão agrícola @pt
```

DeforestationAttribute:

```
is_a: AgriculturalIndicator
label:
  - Atributo desmatamento @pt
  - Deforestation attribute @en
```

DeforestationIndicator:

```
is_a: DeforestationAttribute
label:
  - Indicador desmatamento @pt
  - Deforestation indicator @en
relevance: 2.0
value: YesNo
```

---

1. Dar click na opção "Save"
2. Acrescentar a nova dimensão na DSL, clicando na Aba DSL e no link Main adicionar na linha 106 o seguinte código

### Código-fonte D.2 – Adição de feature na DSL

3. feature ' :AgriculturalIndicator '
4. Dar click na opção “Save” - Procurar o indicador cadastrado na interface de Usuário, na tela de Usuário na aba Avaliação selecionar uma Unidade Produtiva e ir em Nova Avaliação

## Tarefa 2

Editar a fórmula de avaliação

1. Dar click no link 'DSL'
2. Procurar o comando Report e editar algum valor da fórmula
3. Dar click na opção “Save”
4. Visualizar os índices de uma avaliação cadastrada no sistema por meio da aba Report, na tela de Usuário na aba Avaliação selecionar uma Unidade Produtiva, selecionar uma Avaliação e um Report ligado a ela.

## Tarefa 3

Editar os limiares das widgets matriz e semáforo de avaliação

1. Dar click no link 'DSL'
2. Procurar o comando sustainabilityMatrix e editar o valor de range\_x
3. Procurar o comando sustainabilitySemaphore e editar o valor de range
4. Dar click na opção “Save”
5. Visualizar os índices de uma avaliação cadastrada no sistema, na tela de Usuário na aba Avaliação selecionar uma Unidade Produtiva, selecionar uma Avaliação e um Report ligado a ela

## Tarefa 4

Editar uma View

1. Dar click no link 'Views'
2. Selecionar uma a view de contact
3. Editar o título da view por meio do comando pageHeader



4. Dar click na opção “Save”
5. Visualizar a view na interface do Usuário por meio do link Contact

### **Tarefa 5**

Editar labels das internationalizations

1. Dar click no link 'Internationalization'
2. Seleccionar ingles
3. Editar o texto de um label
4. Dar click na opção “Save”
5. Visualizar uma view que faça uso do label editado na interface do Usuário

## **D.3 Formulário Delphi para Workshop SustenAgro**

**Workshop: Validação do Software SustenAgro (v 1.0)**

**Local: Embrapa Informática Agropecuária**

**Data: 14/7/2016**

**Público-alvo: Equipe do Projeto SustenAgro**

**Coordenação: Katia R. Evaristo de Jesus (Embrapa Meio Ambiente) e Ivo Pierozzi Junior (Embrapa Informática Agropecuária)**

**Objetivo deste Workshop:** Avaliar a qualidade e acuidade do Software SustenAgro em termos da clareza da informação técnica apresentada nas interfaces, com vistas a garantir o entendimento do usuário e possibilitar que a avaliação da sustentabilidade do sistema de produção de cana-de-açúcar seja realizada da melhor forma possível. As informações fornecidas no questionário Mini-Delphi nesse evento serão utilizadas apenas pela equipe do projeto.

Identificação do respondente:

1. Nome: \_\_\_\_\_

2. Instituição: \_\_\_\_\_

3. Cargo/Função: \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_ Telefones \_\_\_\_\_ para \_\_\_\_\_ contato:  
\_\_\_\_\_

5. E-mail: \_\_\_\_\_

Estou de acordo com as informações transcritas neste documento e autorizo que elas sejam utilizadas para as finalidades descritas acima:

Local e Data: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

### MINI-DELPHI<sup>1</sup>

## **Avaliação do Software *SustenAgro* – Avaliação da Sustentabilidade dos Sistemas de Produção de cana-de-açúcar**

Regras para análise: assinale abaixo o grau de concordância com a relevância sobre o assunto abordado neste questionário:

- (1) Pouco adequado
- (2) Medianamente adequado
- (3) Plenamente adequado

### 1. Login e Cadastro do Sistema de Produção

- Cadastrar usuário e efetuar login no sistema;
- Cadastrar Sistema de produção e selecioná-las para avaliação;
- Cadastrar detalhes da avaliação;
- Instruções de uso do Software;

( ) AVALIAÇÃO DA INTERFACE

Comentários/Melhorias:

---

---

---

### 2. Avaliação

- Efetuar avaliação por indicadores, definindo Índice de Sustentabilidade do Sistema de produção de cana;
- Efetuar avaliação variáveis de eficiência, definindo Índice de Eficiência do Sistema de produção de cana;
- Preenchimento das justificativas da ponderação dos indicadores;
- Inserção de novos indicadores específicos.

( ) AVALIAÇÃO DA INTERFACE

Comentários / Melhorias:

---

---

---

### 3. Apresentação dos Resultados

- Planilhas para apresentação dos resultados das avaliações de Eficiência e de Indicadores;

---

<sup>1</sup> O Mini-Delphi pode ser conceituado como um processo estruturado de consulta a especialistas, que mantendo as principais características do método Delphi permite a realização de um estudo com grande agilidade em uma única sessão de trabalho ou *workshop* (WRIGHT, 1985; 1994).

- Acesso à visualização da Matriz de Sustentabilidade;
- Acesso à visualização do Semáforo de Sustentabilidade,
- Relatórios para visualização do Gerenciamento da Sustentabilidade;
- Relatórios de detalhes das justificativas da ponderação dos indicadores;

( ) AVALIAÇÃO DA INTERFACE

Comentários / Melhorias:

---

---

---

#### 4. Gestão da Avaliação / Informação

- Gestão e recuperação da informação dentro do Software;
- Lista de Indicadores, lista de variáveis, criação de indicadores específicos
- Perfil do usuário e do sistema de produção avaliado.

( ) AVALIAÇÃO DA INTERFACE

Comentários / Melhorias:

---

---

---

5. Contribua com alguma(s) sugestão(ões) para melhorar a Metodologia e o Software SustenAgro:

---

---

---

---

---

---

6. De modo geral, qual foi sua impressão sobre o Software SustenAgro? O empregaria para avaliar algum sistema de produção de cana-de-açúcar?

---

---

---

---

---

---

## 7. INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Existe alguma informação adicional que não foi citada neste questionário e que merece ser relatada sobre o Software SustenAgro?

Sim

Não

*Comentários/Sugestões do respondente:*

---

---

---

---

Existe alguma contribuição adicional em relação à avaliação da sustentabilidade na agricultura que merece ser relatada?

Sim

Não

*Comentários/Sugestões do respondente:*

---

---

---

---

Comentários adicionais do respondente:

---

---

---

---

Referência citada:

WRIGHT, J. T. C. A técnica Delphi: programa de estudos do futuro. São Paulo: FEA, USP, 1994, p.31

WRIGHT, J. T. C. A técnica Delphi: Uma ferramenta útil para o planejamento do Brasil? In: Encontro Brasileiro de Planejamento Empresarial – “Como Planejar 86”, 3, 28-29 nov.1985, Anais. São Paulo: SPE – Sociedade Brasileira de Planejamento Empresarial, 1986, p. 199-207.