

Agro 4.0

Uma Ferramenta Web para Gestão e Análise da Sustentabilidade em Agroecossistemas

Eugênio Fonseca, Evandro Caldeira, Leonardo Oliveira, Adriano C. M. Pereira
DCC UFMG
Av. Antônio Carlos, 6627 - ICEX, Pampulha
Belo Horizonte, Minas Gerais 31270-901
evandro,eugenio.paceli,leonardo.barbosa,adrianoc@dcc.ufmg.br

Pierre Santos Vilela
Superintendente do INAES/Sistema FAEMG
Avenida do Contorno, 1.771 - Floresta
Belo Horizonte, Minas Gerais 30110-005
psvilela@faemg.org.br

ABSTRACT

In this work we present Agro 4.0, a system that receives data - such as soil quality, water quality, pesticides utilized, farming and agricultural activities -, carefully collected by a rural technician from one or more rural properties and evaluates those properties according to the aspects of an agroecosystem regarding sustainability. The collected data is used by the system to compute indicators used to generate a Sustainability Index for each rural property. The data and indicators also feed statistical models, through data mining techniques, to aid in the extraction of useful information about the relation between the collected data and the indicators obtained. With this information in hand, the rural proprietaries have relevant and quantitative information to aid them in making decisions and taking actions to increase their properties's sustainability.

KEYWORDS

Web Applications, Sustainability, Agroecosystem, Data Science, Data Mining, KDD

1 INTRODUÇÃO

Um agroecossistema é um ecossistema com a presença de pelo menos um sistema agrícola. Esses sistemas possuem propriedades de produtividade, estabilidade, sustentabilidade e equidade. Produtividade é o volume de produção de determinado produto por unidade de tempo, estabilidade é a medida em que a produtividade é mantida independente da ocorrência de pequenas perturbações como variações climáticas ou pluviométricas, equidade é a medida de quão uniforme é a distribuição da renda gerada pelo empreendimento [2] e sustentabilidade é o grau com que o sistema consegue manter a sua produtividade quando ocorrem grandes perturbações. Alguns exemplos de grandes perturbações podem ser a alteração da acidez do solo ou inundações que não ocorram regularmente.

Segundo dados do Ministério da Agricultura¹ no ano de 2016 o agronegócio foi responsável por 45,9% do total de exportações do país. Parte desse crescimento se deve à modernização de processos

¹<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/relacoes-internacionais/documentos/estatisticas-do-agronegocio/dezembro-2016-balanca-comercial-do-agronegocio-resumida.xls/view>

In: XVI Workshop de Ferramentas e Aplicações (WFA 2017), Gramado, Brasil. Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web: Workshops e Pôsteres. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2017.

© 2017 SBC – Sociedade Brasileira de Computação.
ISBN 978-85-7669-380-2.

e práticas que vem ocorrendo de forma gradativa desde a década 50 [1]. Esses processos são desenvolvidos por entidades públicas, privadas e universidades, compondo parte para esse crescimento.

Nesse cenário foi desenvolvido o Modelo ISA (Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas) que avalia o balanço econômico e social, o gerenciamento do estabelecimento, a qualidade do solo e da água, o manejo dos sistemas de produção e a diversificação da paisagem e o estado de conservação da vegetação nativa de um empreendimento rural [3]. Esse sistema conta com 21 indicadores que avaliam cada uma dessas áreas de um empreendimento rural. Feita essa avaliação o produtor rural consegue identificar quais aspectos de sua propriedade precisam de melhorias. Nesse trabalho é utilizada a metodologia ISA proposta pela EPAMIG. Demonstrações em forma de vídeos² e a aplicação podem ser acessadas pelos links³.

O nosso trabalho apresenta o sistema Agro 4.0, baseado no Modelo ISA, e que permite à instituição usuária coletar dados em campo (de cada propriedade), gerar estatísticas e gráficos, extrair informações úteis e visualizar as mesmas - seja para um balanço geral, seja para uma propriedade particular. As informações extraídas pelo sistema são facilmente visualizáveis em um *dashboard* gerado para cada propriedade, o produtor rural pode efetuar análises e identificar áreas do empreendimento que necessitam de melhorias para se tornar um empreendimento mais sustentável e viável economicamente. De posse dessa ferramenta, a instituição usuária pode fazer planejamentos estratégicos bem embasados e avaliar, de maneira sazonal, através de metas quantitativas, o progresso do projeto de tornar uma propriedade rural, ou um conjunto dessas, sustentável. Além disso, pode comparar os indicadores de sustentabilidade, traçar metas de melhoria e adequação e melhorar sua gestão rural.

2 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EM AGROECOSSISTEMAS

Uma forma de se avaliar a sustentabilidade de uma propriedade rural é o Sistema de Avaliação de Sustentabilidade (SAS) [5] que foi aplicado para mensurar a sustentabilidade da produção de etanol de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Essa metodologia apesar de ser bem detalhada, em alguns aspectos como por exemplo a qualidade do ar, ela não é genérica o suficiente para ser aplicada para diferentes perfis de propriedade. Por exemplo, em seu cálculo utilizados são os índices IPRS (Índice Paulista de Responsabilidade

²goo.gl/8GJsVS

³<https://agro.sybers.dcc.ufmg.br/>

social) e o IPVS (Índice Paulista de Vulnerabilidade Social) que estão disponíveis apenas no estado de São Paulo.

O Modelo ISA (Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas) tem o projeto coordenado pela Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (Seapa) e desenvolvido pela Epamig, em parceria com a Emater-MG, IEF, Embrapa, UFMG e Fundação João Pinheiro. A metodologia ISA possibilita que a propriedade rural seja vista de forma completa dando destaque para os processos de produção, gestão da informação, qualidade da água e solo, habitats naturais, qualidade do emprego, etc.

O ISA, que é a metodologia utilizada nesse projeto, é composto por um total de 21 indicadores com valores que variam no intervalo [0; 1] [3, 4]. Para possibilitar melhor análise das informações eles podem ser agrupados, segundo a sua aplicação, da seguinte forma:

Balanço econômico É gerado pela média dos indicadores Produtividade, Diversificação da renda, Evolução patrimonial e Grau de endividamento da propriedade.

Balanço social É gerado pela média dos indicadores da Disponibilidade de Serviços básicos, Escolaridade e a Qualidade do emprego na propriedade.

Gestão do estabelecimento Calculado como a média dos indicadores de Gestão do empreendimento e da informação, Gerenciamento de resíduos e Segurança do trabalho.

Capacidade produtiva do solo É o indicador de Fertilidade do solo

Qualidade da água É gerado pela média dos indicadores de Qualidade da água e Risco de contaminação (relacionado à utilização de agrotóxicos)

Manejo dos sistemas de produção É gerado pela média dos indicadores de Avaliação de solos degradados, Adoção de Práticas de conservação e Indicador da Qualidade das Estradas.

Ecologia da paisagem agrícola É gerado pela média dos indicadores de Vegetação nativa, Área de Preservação Permanente, Área de Reserva Legal e Diversificação da paisagem.

Com a média desses 21 indicadores é gerado o Índice de Sustentabilidade da propriedade rural. Feito isso é possível, com apenas um número, identificar o quão sustentável é uma propriedade rural.

3 METAS DE APLICAÇÃO E LICENÇA

Dentre os objetivos desse projeto estão o desenvolvimento de uma plataforma que permita gerenciar as práticas voltadas para os aspectos de sustentabilidade adotadas em uma propriedade, ou aglomerado de propriedades rurais. De posse desses dados será realizada uma identificação dos fatores que mais afetam a sustentabilidade de uma propriedade rural. Para mensurar a sustentabilidade será utilizada a Metodologia ISA apresentada na Seção 2. Também serão identificados os fatores mais importantes na rentabilidade dessas propriedades tendo em vista a sustentabilidade e serão utilizadas técnicas de data mining e data warehouse para auxiliar na identificação de relações entre os dados brutos coletados e os indicadores e Índice de Sustentabilidade obtidos.

O sistema deverá gerar gráficos intuitivos para os proprietários, técnicos e administradores de propriedades rurais que os auxiliem na extração de informação sobre o estado detalhado da propriedade,

para que possam decidir futuras ações e políticas necessárias para manter ou melhorar o Índice de Sustentabilidade.

Essa aplicação tem o código proprietário e é desenvolvida em parceria com empresas do setor privado.

4 ARQUITETURA

Apresentamos aqui os aspectos da arquitetura do sistema Agro 4.0, que pode ser vista na Figura 1, além de justificar o desenvolvimento da mesma.

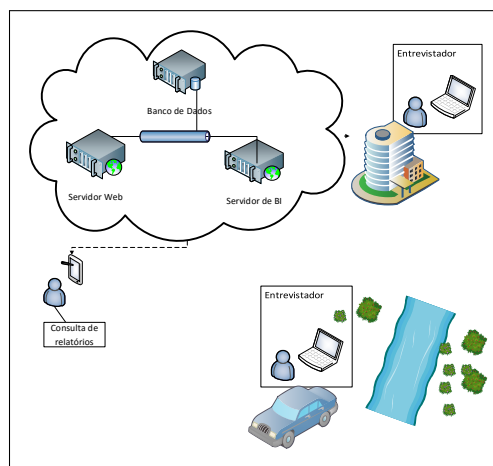


Figura 1: Arquitetura do Sistema

A metodologia ISA foi concebida pela EPAMIG utilizando o Microsoft Excel como maneira de alimentar o formulário de entrada de dados. A abordagem pelo Excel é ruim por uma série de fatores, sendo os principais a não padronização dos dados (as planilhas deixam ao preenchedor a responsabilidade de entrar dados formatados corretamente e válidos) e a descentralização dos mesmos (cada coleta de dados em uma propriedade é representada por um arquivo Excel, invés da entidade aplicadora possuir um banco de dados estruturado e padronizado, o que se tem é um conjunto de arquivos independentes e com os mesmos dados entrados de diversas maneiras diferentes).

O Agro 4.0 é um sistema informatizado que recebe os dados dos formulários coletados nas propriedades rurais através de uma aplicação Java para área de trabalho, que os envia validados e padronizados para um banco de dados SQL. Através do banco de dados SQL, os módulos servidor, de armazenagem de dados e web do sistema atuam na análise estatística e de extração de informações desses dados.

Uma das vantagens para o desenvolvimento do novo sistema, Agro 4.0, em relação ao anterior é o armazenamento centralizado dos dados para os questionários já aplicados. Com isso temos a possibilidade de criação de análises mais complexas, rápido acesso a qualquer dado, múltiplo acesso, flexibilidade para criação de novas aplicações, além da melhor gestão do sistema como um todo.

Para melhor disseminação da informação são gerados relatórios para cada questionário que é aplicado em uma ou mais propriedade(s) rural(is). Esses relatórios podem ser acessados por qualquer navegador Web.

Agro 4.0

O Agro 4.0 tem dois tipos de atores com características e visões distintas. Existe o Entrevistador, que geralmente é um técnico agrícola, e o Gerente do Sistema que pode ser um Engenheiro Agrícola. O Entrevistador é o responsável por ir as propriedades rurais e aplicar o questionário do Metodologia ISA coletando todas as informações para obter o Índice de Sustentabilidade e geração de um diagnóstico da propriedade. O Gerente do Sistema tem a responsabilidade de analisar os dados coletados pelos diversos Entrevistadores que foram à campo.

O processo de trabalho do Entrevistador é composto por duas etapas. No primeiro momento o Entrevistador vai à propriedade rural e aplica o questionário ao responsável pela administração do empreendimento rural. Durante essa etapa, são levantadas diversas informações, tais como acidez do solo, turbidez da água, tipos de produtos cultivados, número de funcionários, dentre outras.

As informações e dados coletados são preenchidos em formato de formulário, padronizado e validável, através de um aplicativo escrito em Java para área de trabalho. O Entrevistador faz a coleta de dados offline com esse aplicativo, salvando-os em um formato de arquivo próprio da aplicação de área de trabalho do Agro 4.0, podendo enviar os mesmos, posteriormente, para os módulos do Agro 4.0 online quando for possível fazê-lo pela internet.

O Gerente é o responsável técnico pela aplicação da Metodologia ISA nas propriedades rurais de uma determinada região. Durante a aplicação esse profissional consegue acompanhar o trabalho dos técnicos gerando relatórios por propriedade rural e análises para encontrar padrões nas propriedades da mesma região, através de uma interface web.

Na interface web o gerente pode visualizar os dados e informações extraíveis das propriedades através de várias granularidades diferentes. O sistema possui um mapa com filtros, com a localização de cada propriedade participante dos projetos de coleta de dados, listas de relatórios e opções de agrupamento e comparação de informações das propriedades por projetos, datas, localização geográficas e performance de Índice de Sustentabilidade.

Para geração de análises mais complexas é utilizado um Data Warehouse (DW). Com esse novo banco de dados cria-se a possibilidade de integração com múltiplas fontes de dados, investigação de hipóteses de forma ágil e de relações de causa e efeito.

Na Figura 2 é apresentado o fluxo do processo, iniciando com a aplicação do Questionário ISA - pelo software cliente Agro 4.0 - e finalizando com as técnicas de aprendizado de máquina e a visualização dos resultados. No primeiro nível, em verde (ISA), são apresentadas as etapas para a aplicação do ISA. Inicialmente um técnico realiza uma visita a uma propriedade rural para aplicação do ISA. Nessa visita o produtor rural responde a todas as perguntas que fazem parte do ISA e ao final ele pode ter uma visualização parcial dos resultados. No segundo nível, azul, são apresentadas as etapas de armazenamento de dados. No terceiro nível, amarelo, estão as etapas de visualização. Aqui estão incluídos os relatórios Web para cada uma das propriedades rurais, relatórios de DW relacionando dados de várias propriedades e resultados das técnicas de aprendizado de máquina. No último nível, vermelho, são apresentados os passos para execução das técnicas de aprendizado de máquina.

WebMedia'2017: Workshops e Pôsteres, WFA, Gramado, Brasil

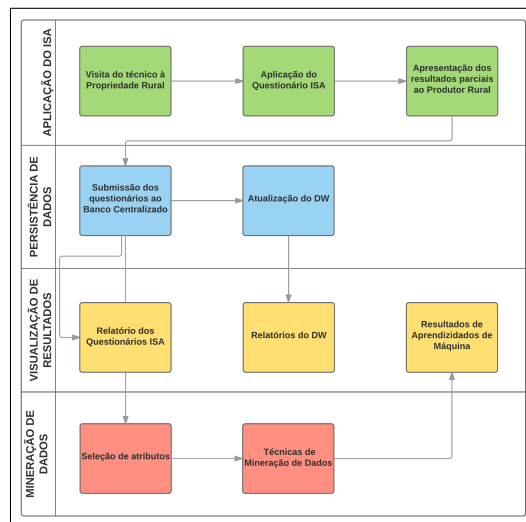


Figura 2: Etapas da aplicação do ISA

5 FUNCIONALIDADES

Nesta Seção são apresentadas algumas interfaces do Agro 4.0 incluindo os módulos de aplicação da metodologia ISA, (Figura 3), de visualização de relatórios Web (Figura 4) e o Data Warehouse (Figura 6).

O Agro 4.0, com seu modelo de coleta e arquitetura, recebe os dados através de uma aplicação Java para área de trabalho, encarregada de formatar, validar e padronizar as entradas de todos os dados entrados por um técnico que preenche o formulário, e em seguida enviar os mesmos para um banco de dados SQL. Na Figura 3 é apresentado o formulário do Sistema Agro 4.0 para preenchimento das propriedades físicas e químicas do solo compreendendo um total de 10 parâmetros como a textura, cálcio, fósforo, etc.

A interface mostra o formulário de coleta de dados para a análise de solo. O título é "12 CAPACIDADE PRODUTIVA DO SOLO - FERTILIDADE".

Formulário:

- 1. Caracterização
- 2. Espessamento
- 3. Fertilidade

Descrição da tabela: Análise de solo - 14/05/2016 - 1,98 ha - Laboratório SEMAGRA - 10/04/2016

| Item | Valor | Classe |
|---|-------|-----------------------------|
| 12.1 - Textura de solo | | |
| 12.1.1 - Argila (argil >= 0,0025 mm) | 54 | Classe de textura: argilosa |
| 12.1.2 - Matéria orgânica (arg >= 0,075 mm) | | |
| 12.1.3 - Textura argilosa | 3,9 | 3,9 |
| 12.1.4 - Fósforo disponível (mg dm ⁻³) | | |
| 12.1.5 - Textura argilosa | 4,1 | 4,1 |
| 12.1.6 - Argila | | |
| 12.1.7 - Argila | | |
| 12.1.8 - Cálcio trocável (cmol dm ⁻³) | 2,7 | 2,7 |
| 12.1.9 - Magnésio trocável (cmol dm ⁻³) | 2,3 | 2,3 |
| 12.1.10 - Potássio trocável (mg dm ⁻³) | 89 | 89 |
| 12.1.11 - Acidez efetiva (mg dm ⁻³) | 4,8 | 4,8 |
| 12.1.12 - Acidez potencial (cmol dm ⁻³) | 11,3 | 11,3 |
| 12.1.13 - CTC efetiva (cmol dm ⁻³) | 6,39 | 6,39 |
| 12.1.14 - CTC potencial (cmol dm ⁻³) | 27,4 | 27,4 |

Resultado Final: Fertilidade: 0,55

10/04/2016 - 10/04/2016 - 10/04/2016

Figura 3: Agro 4.0 - Solo

A Figura 3 também apresenta o resultado do *Indicador de Fertilidade do Solo*. Essa interface contém indicadores intermediários e o resultado final desse indicador. O resultado final é apresentado no canto inferior esquerdo e os intermediários estão dispostos acima.

Todos os resultados de indicadores são apresentados em caixas de texto com o fundo colorido na cor vermelha ou verde. Vermelho indica um resultado inadequado, valor menor do que 0,7, e verde para valores maiores ou iguais a 0,7.

A Figura 4 apresenta o sistema web para visualização de relatórios e a figura Figura 5 o balanço do desempenho geral de todas as propriedades participantes de um projeto, para cada indicador. Nesse relatório é apresentado o Índice de Sustentabilidade da propriedade além dos outros 21 indicadores agrupados de acordo com o Modelo ISA. Além dessas informações também são gerados dados sobre a renda da propriedade, grau de endividamento, produto mais relevante e um resumo sobre o uso de agrotóxicos no estabelecimento.

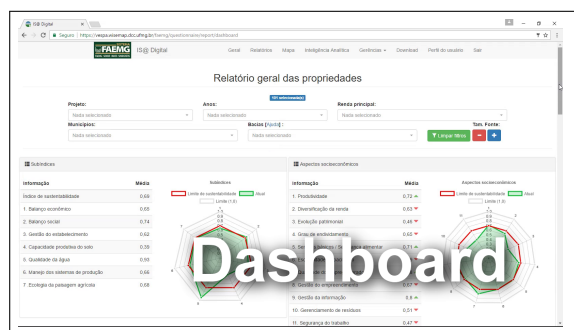


Figura 4: Relatórios

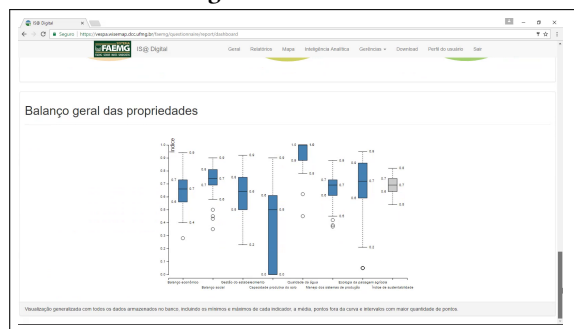


Figura 5: Balanço do desempenho

O Agro 4.0 também possui uma interface web para um módulo do modelo ISA chamado Plano de Adequação [de uma propriedade rural]. Esse módulo é utilizado pelos técnico e/ou gestores do sistema após a coleta, envio e análise dos dados e informações extraídas pelo sistema Agro 4.0, para orientar o produtor rural quanto às ações que o mesmo deve tomar para tornar sua propriedade mais sustentável (resultado observável, futuramente, através de uma coleta dos dados da propriedade preenchendo novamente o formulário do Agro 4.0, sendo a meta quantitativa aumentar o Índice de Sustentabilidade gerado pelo sistema após receber os dados). Trata-se de um formulário com campos abertos para texto referentes à cada indicador computado pelo sistema, a serem preenchidos com instruções para melhoria da performance da propriedade para o indicador equivalente.

O último módulo desenvolvido é o de Inteligência Analítica e um resultado de seu uso pode ser visto na Figura 6. Nela pode-se

ver o Índice de Sustentabilidade e a Produtividade das propriedades rurais agrupados pela Idade do Produtor Rural. O eixo Y mostra a Índice de Sustentabilidade e o X a idade do produtor rural. Com esse módulo podem ser realizadas análises complexas para encontrar fatores que afetam a Sustentabilidade ou rentabilidade.

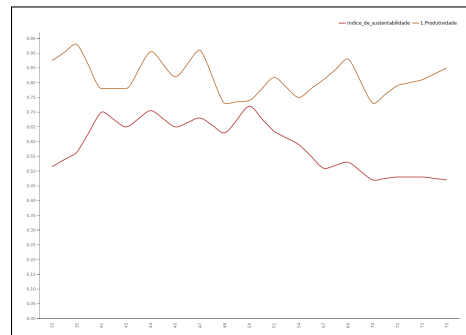


Figura 6: Agro 4.0 - DW: Índice de Sustentabilidade e Produtividade agrupados pela Idade do Produtor Rural

Um projeto do Agro 4.0 é um intervalo de tempo definido onde serão coletados dados de propriedades participantes. No formulário, preenchido através do cliente Agro 4.0, o técnico informa a que projeto aquela propriedade está associada na data de envio do formulário. Gestores de projeto podem escolher agrupar propriedades em projetos distintos por localização geográfica ou produto principal (p.ex., café, leite). Os gráficos a seguir são acessíveis por gestores de projetos, com a proposta de oferecer uma visualização geral de um projeto de aplicação, agrupando dados de todas as propriedades participantes e permitindo cruzamentos a gosto do usuário.

O gráfico na Figura 7 exibe regras de associação dos atributos do ISA que induzem uma propriedade a obter determinado Índice de Sustentabilidade (IS). Associação é uma regra formada por um conjunto de atributos. A satisfação de uma regra implica em alta probabilidade de uma propriedade estar com IS que a regra está ligada no gráfico. Com o cursor do mouse sobre um item é possível visualizar quantas propriedades são cobertas pela regra, e o desenho do gráfico mostra quais atributos se associam, criando uma regra, essa que influencia na obtenção de um IS bom, médio ou ruim.



Figura 7: Gráfico de regras de associação

Na Figura 8, o gráfico permite visualizar quais são os atributos de maior relevância para o Índice de Sustentabilidade. A técnica

Agro 4.0

WebMedia²2017: Workshops e Pôsteres, WFA, Gramado, Brasil

apresentada leva em consideração todos os dados que estão cadastrados das propriedades rurais até o momento. O gráfico é gerado através de uma técnica de Data Mining de seleção de atributos chamada Correlation Features Selection, que seleciona e agrupa em subconjuntos, os dados disponíveis com base na correlação entre cada um para uma métrica, retornando para cada dado selecionado um coeficiente de correlação proporcional.

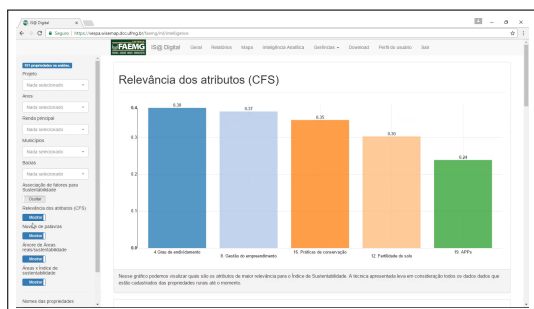


Figura 8: Grafo de barras gerado por CFS

A Figura 9 apresenta um gráfico onde podemos comparar a área real de cada propriedade com uma área proporcional ao de algum indicador escolhido pelo usuário. Cada cor representa uma região, um conjunto de retângulos vizinhos de mesma cor são propriedades da mesma região. É possível ter uma ideia da relação Sustentabilidade x Área, além de comparar lado a lado propriedades de uma mesma região para uma dimensão escolhida pelo usuário.

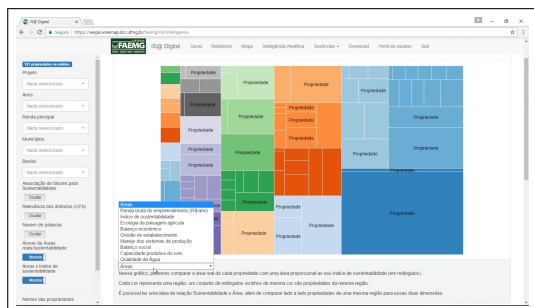


Figura 9: Gráfico de áreas por atributo

O usuário pode escolher entre os seguintes indicadores: Áreas; Renda bruta do empreendimento (R\$/ano); Índice de sustentabilidade; Ecologia da paisagem agrícola; Balanço econômico; Gestão do estabelecimento; Manejo dos sistemas de produção; Balanço social; Capacidade produtiva do solo; Qualidade da Água.

O gráfico da Figura 10 desenha cada propriedade, agrupada por área, por pontos, cujos eixos representam o que o usuário escolheu acima. É possível ver a distribuição e a relação entre esses atributos, e a região de cada propriedade.

O usuário pode escolher, para cruzar os dados de todas as propriedades, como eixo do gráfico os mesmos indicadores possíveis no gráfico em Figura 9 mais os seguintes: Risco de contaminação; Avaliação solos degradados; Práticas de conservação; Estradas; Vegetação nativa; APPs; Reserva Legal; Diversificação da paisagem.

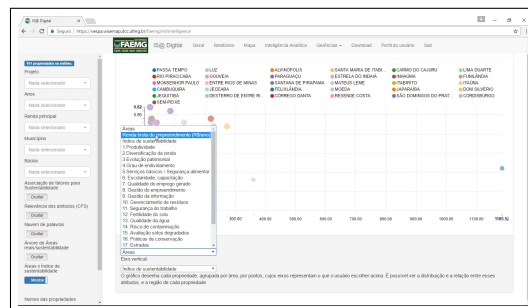


Figura 10: Gráfico de distribuição por atributo

6 CONCLUSÕES

A ferramenta proposta é uma boa alternativa para avaliação da sustentabilidade de propriedades rurais isso tendo em vista que o Modelo ISA avalia a sustentabilidade das propriedades em diversos desde o econômico e social até o ambiental propriamente dito. Ela também pode, por exemplo, ser utilizada pelo produtor rural para identificar problemas de sustentabilidade no solo, água ou no uso de defensivos agrícolas. Cooperativas agrícolas podem utilizá-la para ajudar a classificar o grau de sustentabilidade da produção de seus cooperados remunerando-os de forma diferenciada. A aplicação Web permite que gestores possam gerenciar diversas propriedades criando planos de adequação para corrigir os problemas que foram encontrados durante a aplicação do Agro 4.0, além de poderem visualizar facilmente as informações úteis extraídas dos dados coletados em campo, de cada propriedade ou aglomerado das mesmas - agrupadas por projeto ou região -, pela ferramenta de Inteligência Analítica provida pelo sistema para efetuar análises mais complexas dos dados das propriedades onde o Agro 4.0 já foi aplicado.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente patrocinado pelo NIC.br / CEWEB.br / W3C Brasil, INCT para a Web (CNPq no. 573871/2008-6), MASWeb (grant FAPEMIG/PRONEX APQ-01400-14), EUBra-BIGSEA (H2020-EU.2.1.1 690116, Brazil/MCTI/RNP GA-000650/04), CAPES, CNPq, Finep, e Fapemig.

REFERÊNCIAS

- [1] C. N. d. Castro. O Agronegócio e os Desafios do Financiamento da Infraestrutura de Transportes no Brasil. *Repositório do Conhecimento do Ipea*, 2015.
- [2] G. R. Conway. Agroecosystem analysis. *Agricultural administration*, 20(1):31-55, 1985.
- [3] J. M. L. Ferreira, J. H. M. Viana, A. M. da Costa, D. V. de Sousa, and A. A. Fontes. Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte*, 33(271):12-25, 2012.
- [4] K. Marzall and J. Almeida. Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas estado da arte, limites e potencialidades de uma nova ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 17(1):41-59, 2000.
- [5] S. Rodrigues Filho and A. J. Juliani. Sustentabilidade da produção de etanol de cana-de-açúcar no estado de são paulo. *estudos avançados*, 27(78):195-212, 2013.