Desenvolvendo Sistemas Agrícolas de Próxima Geração: Um Estudo em Ciência de Solos

Sergio Manuel Serra da Cruz[1,3], Filipe Klinger[1], Pedro Vieira Cruz[2], Ana Cláudia de Macedo Vieira[4], Eber Assis Schmitz[3], Elton Carneiro Marinho[3]

[1]Departamento de Computação – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (DECOMP/UFRRJ) – Seropédica– RJ – Brasil

[2]Departamento de Solos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (SOLOS/UFRRJ) – Seropédica– RJ – Brasil

[3] Departamento de Ciências da Computação – Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGI/DCC/UFRJ) – Ilha do Fundão– RJ – Brasil

[4] Departamento de Produtos Naturais e Alimentos – Universidade Federal do Rio de Janeiro (DPNA/FF/UFRJ) – Ilha do Fundão– RJ – Brasil

{serra, filipeklinger}@pet-si.ufrrj.br, pedrovieira.br@gmail.com ceddia@ufrrj.br

Abstract. *Efficient land uses are critical to many countries. The objective of this work is to model a Next Generation Agronomic System (NGAS) to Soil Sciences. We present and evaluate a service called OpenSoils Edu which is part of a NGAS focused on pedological data management. The application is capable of mapping large amounts of soil data and can be used by many types of users to view and share curated soils datasets.*

Resumo. *Os usos eficientes dos solos são problemas críticos que afetam vários países. O objetivo deste trabalho está na modelagem de um Sistema Agrícola de Próxima Geração (SAPG) para a área de Segurança de Solos. Apresentamos e avaliamos um serviço denominado do OpenSoils Edu que é parte de um SAPG voltado para gestão de dados pedológicos. O serviço é capaz de mapear grandes quantidades de dados de solos e pode ser utilizado por diversos tipos de usuários para visualização e compartilhamento de dados curados de solos.*

1. Introdução

Até meados do século XXI a demanda global de alimentos crescerá 70% devido ao crescimento populacional. Dentre os principais desafios do Brasil e do mundo temos a redução da mão de obra rural, a degradação dos solos e a crescente demanda por proteína animal, fibras e energia. Esses desafios requerem o uso racional dos solos para assegurar uma produção eficiente de alimentos para fornecer uma dieta balanceada para a população [Marin et al. 2016]. Logo, compreender esses desafios é um tema estratégico para o país [Massruhá et al. 2014 e Koch et al. 2013]. Do ponto de vista tecnológico, os Sistemas Agrícolas de Próxima Geração (SAPG) podem contribuir para a superação desses desafios. Os SAPG, originalmente descritos por Antle et al. [2017a e 2017b], são sistemas datacêntricos, distribuídos, inteligentes, modulares que consideram as peculiaridades as

fases da cadeia agroalimentar, seus diferentes atores, suas demandas e as forças norteadoras. Neste trabalho, investigações em Ciência dos solos agregam valores estratégicos na medida em que podem servir para orientar as intervenções sobre os solos, resultando em efeitos favoráveis sobre a cadeia agroalimentar [Koch at al, 2014 e McBratney et al. 2014] que é composta por três fases principais: pré-produção, produção e pós-produção.

Diversos autores destacaram que o desempenho da cadeia agroalimentar pode ser influenciado por forças norteadoras [Kruize et al. 2016 e Wolfert et al. 2017]. Dentre as principais forças norteadoras, destacamos as que possuem elevado grau de maturidade, a saber: Agricultura de Precisão (AP) [Pierpaoli et al. 2013], Segurança de Solos [Koch at al. 2014] e e-Ciência [Hey et al. 2009].

Segundo Antle et al. [2017a e 2017b], Athanasiadis et al. [2015], Holzworth et al., [2015], a modelagem dos SAPG está progredindo rápida e consistentemente nos países desenvolvidos. No entanto, observamos que os SAPG não estão avançando tão rapidamente quanto o necessário no Brasil. Isso tem levado à carência de sistemas agrícolas capazes de integrar grandes volumes de dados e apoiar a tomada de decisão no setor agropecuário. Ou seja, do ponto de vista dos cientistas da computação existem oportunidades para desenvolver novos modelos e produtos inovadores baseados nos dados agropecuários que podem atender aos complexos problemas relacionados à nossa cadeia agroalimentar.

Ao considerar as peculiaridades da nossa cadeia, percebemos gargalos, por exemplo, o elevado custo das análises de solos e, especialmente, o subinvestimentos nas pesquisas em computação com foco na área de solos (particularmente no setor público). Mesmo nos setores privados, os investimentos em TICs (Tecnologia da Informação e Comunicação) concentram-se nas grandes propriedades agroexportadoras de ampla escala, pouco se oferece aos pequenos e médios produtores. O objetivo deste trabalho está na apresentação e modelagem de um SAPG para a área de Segurança de Solos. Neste trabalho, apresentamos e avaliamos um serviço de um SAPG, chamado *OpenSoils* Edu, que é voltado para gestão de dados pedológicos. *OpenSoils* é uma das primeiras infraestruturas de agricultura digital, disponíveis na literatura, voltados para as Ciências de solos e que incorpora os conceitos de e-Ciência, Agricultura de Precisão e Segurança de Solos [Cruz et al. 2018a].

2. Referenciais Teóricos

A presente Seção discute as forças norteadoras que apoiam os SAPG. Em geral, elas são transdisciplinares e são capazes de promover rupturas nos atuais paradigmas de produção, processamento e na logística da distribuição de alimentos e acarretar impactos diretos sobre a área de Ciência de solos.

2.1 Segurança de Solos

O solo é considerado um sistema aberto que interage com outros componentes do ciclo geológico e biológico. As características de um solo são uma função do material parental, clima, relevo, organismos, clima e tempo. Morfologicamente, um solo é definido como seções bidimensionais compostas por uma sucessão vertical de horizontes, comumente denominados O, A, B, C (começando na superfície), que foram submetidos ao processo de conformação [Flores e Alba 2014].

Segundo [Cruz et al. 2018a 2018b], os dados oriundos do solo podem ser avaliados em três ambientes distintos, a saber: diretamente no campo (*in situ*), nos laboratórios (*in vitro*) e nos ambientes computacionais (*in silico*). Os dados primários são coletados diretamente no campo com equipamentos/técnicas/experimentos específicos através de exames dos perfis ou tradagens[1]. De cada camada de cada perfil/tradagem de solo são coletados dados das propriedades mineralógicas, morfológicas, químicas, hidrológicas, físicas, biológicas e ambientais muito específicas e quando estudadas em conjunto podem contribuir na geração de mapas digitais.

Devido às peculiaridades da área pedológica, os dados primários de solos são difíceis de coletar, harmonizar e compartilhar sob a forma de bancos de dados estruturados. Adicionalmente, as investigações na área de Ciências de solos carecem esforços para aprimorar a curadoria e gerenciamento de dados de longo prazo [Yanson et al. 2016]. Atualmente, muitos dos seus *datasets* encontram-se desconectados, sob a forma de "silos de dados" ou dispersos no *Web*, papel ou em discos virtuais.

Segurança de solos é um conceito recente que permite entender o solo e o seu papel na prestação de serviços ecossistêmicos [Koch et al. 2013]. O conceito pode ser associado com a AP ao quantificar quais recursos disponíveis no solo (água, nutrientes, matéria orgânica, biodiversidade, fertilizantes), medindo-os, mapeando-os, modelando-os e prevendo suas flutuações.

Segundo Koch et al. [2013], a segurança dos solos é um problema global que afeta a todos os países do mundo e em especial o Brasil. De acordo com a literatura, estudos em segurança dos solos requerem abordagens transdisciplinares, sendo baseadas em cinco dimensões [McBratney et al. 2014]: (1) capacidade, (2) condição, (3) capital, (4) conectividade e (5) codificação. Cada uma dessas dimensões abrange as disciplinas sociais, econômicas e agronômicas que contribuem para construir um corpo de conhecimento relevante sobre os solos, seus usos e integração nas estruturas políticas, sociais, agrícolas e legais.

2.2. *Datasets* de dados pedológicos

Os solos são catalogados segundo sistemas de classificação taxonômica que podem variar entre os países. O Brasil utiliza um sistema próprio denominado Sistema Brasileiro de Classificação de Solos [SiBCS 2019]. O SiBCS descreve um conjunto de classes de solos com atributos que representam propriedades mineralógicas, morfológicas, químicas e físicas das amostras de solos coletados em levantamentos pedológicos através de exames de perfis/tradagens.

Em geral, os *datasets* oriundos de levantamentos pedológicos em Ciências dos solos exibem as mesmas limitações de outras áreas do conhecimento que são intensivas em dados. Tradicionalmente, costuma-se coletar grandes volumes de dados por longos períodos sem adotar as boas práticas de curadoria de dados ou processos de gerenciamento de dados digitais.

---

[1] Tradagem é um tipo de coleta de amostra de solo realizado com auxílio de equipamentos conhecidos por trados. O trado torna a operação mais fácil e rápida.

2.3 Agricultura de Precisão

O termo agricultura de precisão surgiu no EUA por volta de 1930, porém ainda está em difusão entre a academia e os produtores brasileiros [Inamasu et al. 2014]. Os sistemas de AP requerem o uso conjunto de técnicas agronômicas e de TIC para efetuar análises espaciais de pequenas áreas de uma propriedade agrícola com vistas a reduzir o impacto ambiental das atividades agrícolas através da otimização de recursos, redução de desperdícios e menores gastos energéticos.

No contexto atual da AP, coletar os dados no campo significa utilizar aplicativos móveis, drones, satélites e sensores para quantificar uma grande variabilidade de fatores bióticos e abióticos. Por exemplo, há o uso corriqueiro de técnicas da AP na correção dos solos para atingir um determinado condicionamento de qualidade para ampliar a produção de uma cultura. Em geral, os dados coletados são computados considerando métodos geoestatísticos e de modelagem matemática acrescido de visualização de dados sob a forma de mapas de atributos [Flores e Alba 2014]. A partir daí, buscam-se as relações de causa e efeito entre os fatores a serem considerados através da aplicação geolocalizada dos insumos em taxas variadas por meio de máquinas especializadas

No caso específico dos levantamentos de solos, os dados primários podem ser obtidos *in situ* a partir da amostragem intensiva por meio de exames de perfis/tradagens em uma malha amostral ou através de sensores (por exemplo, medidores de condutividade elétrica, reflectância ou de índices de vegetação). Adicionalmente, os dados podem ser enriquecidos através de análises físico-química executadas *in vitro* em laboratórios credenciados. Posteriormente, tais dados podem ser consolidados através do uso de técnicas *in silico* mediadas pelo uso de sistemas computacionais que produzem índices. Esses índices podem ser utilizados como referência na fase de produção da cadeia agroalimentar, por exemplo, adubação mais precisa das culturas, correções de pH de solos, redução de emissão de gases de efeito estufa, no manejo de plantas daninhas, entre outros.

2.4 E-Ciência na Agricultura

Segundo Hey et al. [2009], e-Ciência representa uma nova forma de se fazer ciência no Século XXI. O termo e-Ciência diz respeito a um movimento contemporâneo que apregoa a concepção de uma ciência fundamentada no uso intensivo de dados e na colaboração por meio de plataformas de pesquisa baseadas em técnicas de computação avançada.

A adoção de saberes típicos da e-Ciência no âmbito da AP mundial está se ampliando lentamente, sua aplicação nas fases da cadeia agroalimentar ainda é incipiente [Bambini et al. 2018]. No contexto brasileiro, a adoção da e-Ciência e da AP nas áreas agrícolas ou urbanas podem se beneficiar da evolução das redes de telefonia móvel, do barateamento dos sensores, redes sociais, drones e também da computação distribuída permitindo que os agricultores, agrônomos, consumidores e tomadores de decisão se conectem através de dispositivos móveis aos SAPG, auxiliando no processo de gestão dos solos, das safras e da cadeia produtiva com conveniência e custos acessíveis [Cruz, Cruz e Vieira 2018].

3. SAPG em Ciência de Solos

Segundo Antle et al. [2017a] e Janssen et al. [2017], os SAPG podem ser definidos como o encadeamento de sistemas apoiados tanto em pirâmides de dados quanto em fluxos de

micros serviços. Os SAPG requerem uma infraestrutura computacional composta por softwares distribuídos com baixo acoplamento baseados no modelo de camadas, Internet e *hardwares* heterogêneos; podendo ser executados em dispositivos móveis ou plataformas virtualizadas pra que facilitem o compartilhamento de dados, a colaboração e a tomada de decisão por parte dos diferentes tipos de atores que atuam ao longo das três fases da cadeia agroalimentar. Tradicionalmente, os SAPG contemplam as seguintes camadas: dados, modelos, síntese e interface (Figura 1).

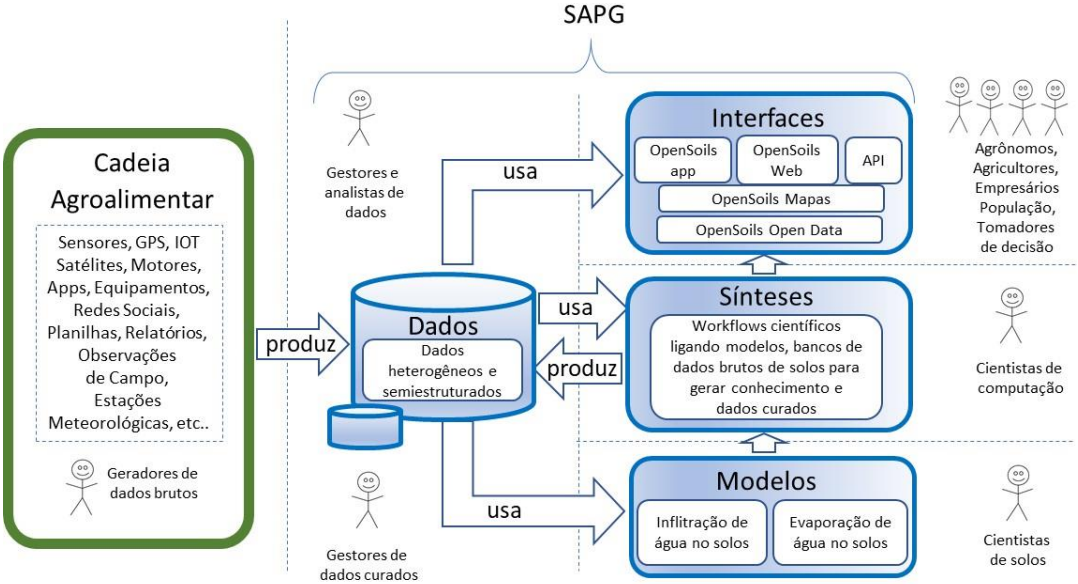

Figura 1. Representação conceitual de um SAPG e sua conexão com a cadeia agroalimentar, representação dos fluxos de micros serviços e atores da área de Ciência de solos.

Resumidamente, temos que os dados são representados por repositórios digitais de natureza semiestruturada, sendo oriundos de sensores, observações de campo, experimentos, planilhas, entre outras fontes de dados. Os modelos representam os problemas da cadeia agroalimentar a serem equacionados e solucionados. A síntese representa, por exemplo, os algoritmos, rotinas, subsistemas, serviços, scripts de transformações de dados ou workflows científicos que serão codificados para contribuir com a solução dos problemas identificados na camada de modelagem. Por fim, as interfaces representam os pontos de interação entre os diferentes atores da cadeia agroalimentar e os SAPG.

Em geral, os SAPG serão constituídos por pequenos serviços ou módulos de baixo acoplamento baseados em um *backend* hospedado em ambiente distribuído [Jansen et al. 2017]. Os fluxos de dados entre os serviços de um SAPG podem ser simples ou complexos e podem incluir, por exemplo, sequências de coleta, extração, transformação de dados e operações de enriquecimento (anotações, proveniência e ligação) de dados; utilização de um ou vários modelos preditivos; integração de dados de diferentes modelos matemáticos; visualização de dados produzidos pelos modelos, geração de mapas e relatórios digitais, entre outros.

O *design* dos fluxos de serviços deve considerar não só os principais atores (agricultores, agrônomos, gestores, cientistas e consumidores), mas também um amplo espectro de atores da camada de infraestrutura, incluindo coletores de dados primários,

profissionais de banco de dados, desenvolvedores de software, usuários finais e tomadores de decisão dos setores públicos e privados.

4. *OpenSoils como um SAPG*

OpenSoils é uma plataforma voltada para agricultura digital (rural e urbana) que pode ser facilmente utilizada pela área de Ciência de Solos. *OpenSoils* é uma plataforma elástica, distribuída, multiusuário, multicamada e orientada para organizar grandes volumes de dados de solos juntamente com sua proveniência e curadoria [Cruz et al. 2018a Cruz et al. 2018b]. *OpenSpoils* é composto por um conjunto de módulos e serviços concebidos para terem baixo acoplamento, alta disponibilidade e operar em nuvens híbridas de computadores e tirar proveito das forças norteadoras elencadas na Seção 2. *OpenSoils* pode ser descrito em termos das seguintes camadas:

Camada I (Interfaces) – Nessa camada os atores (pesquisadores, gestores, agricultores, estudantes e profissionais da extensão rural ou assistência técnica) atuam sobre as interfaces gráficas da plataforma. Os atores utilizam aplicativos móveis (por exemplo, *OpenSoils Field ou OpenSoils Edu*) e o portal *OpenSoils* para se conectarem e acessar os dados ou serviços da plataforma. Os aplicativos são multiplataforma (Android e IOS) e se conectam aos serviços através das APIs da plataforma *OpenSoils*. A camada possui funcionalidades de governança de dados oferecidas através da Interface Central de Controle de Projetos e Operações de Campo que são utilizados por curadores, administradores de dados e gestores de tecnologia da informação.

Camada II (Modelos) - Nessa camada se utilizam modelos científicos dos testes de solos (por exemplo, testes de *pump in, pump out*, testes de fertilidade, contaminação de solos, entre outros), modelos matemáticos ou *scripts* estatísticos descritos em linguagem R ou Python, permitindo a execução dos experimentos *in silico* da área de Segurança de Solos.

Camada III (Síntese) – Essa camada suporta os serviços internos do SAPG, trata-se do *backend* da arquitetura *OpenSoils*. Utiliza serviços, APIs e *workflows* ETL centrados em dados (analisando a consistência dos dados oriundos das camadas I e IV e inserindo metadados de proveniência segundo a especificação PROV-DM da W3C ou FAIR). Essa camada também incorpora serviços de importação/exportação de dados legados de solos armazenados em silos de dados dispersos na Internet.

Camada IV (Dados) - É camada mais interna da arquitetura *OpenSoils*; sua estrutura suporta um grau diversificado de granularidade de dados concebida para reduzir os problemas de segurança e compartilhamento de dados. Essa camada pode armazenar tanto os dados novos recém coletados no campo pelos aplicativos da Camada I quanto os dados legados incorporados a partir dos silos de dados pré-existentes. Ambos são anotados com proveniência. Adicionalmente, os modelos de dados podem ser conectar com *thesaurus* para anotar semanticamente os dados, permitindo curá-los e transformá-los em triplas de RDF ligando-os com a *Web* de dados (por exemplo, *WikiData*).

Atualmente, o banco de solos da plataforma armazena dados públicos de milhares de perfis/tradagens de solos além de dados de governança. Os dados científicos são coletados através de aplicativos móveis, são dados de alta qualidade e voltados para as comunidades brasileira e demais interessadas em sua utilização, padronização e harmonização de dados pedológicos. A descrição de um perfil possui mais duas centenas atributos para registrar as propriedades mineralógicos, morfológicos, químicos, físicos,

sensores proximais, fertilidade, contaminações por metais pesados e ambientais do solo, entre outros [Cruz et al. 2018b]. O banco suporta o versionamento de dados, metadados de proveniência e dados georreferenciados, armazena imagens de perfis, dados físico-químicos de cada horizonte de cada perfil/tradagem e de cada amostra de solo analisada em laboratórios úmidos ou secos. Os dados de governança descrevem os projetos, levantamentos, experimentos, protocolos de pesquisa/trabalho, usuários, grupos de trabalho, *compliance*, permissões e demais descritores; eles são tão importantes quanto os científicos e são utilizados pelos atores na Camada I.

6. Usabilidade do *OpenSoils* Edu

Para avaliar a aceitação da plataforma proposta, foi utilizado o modelo TAM (*Technology Acceptance Model*) [Davis 1999]. O TAM é modelo específico para estudos de comportamento com utilização de tecnologias computacionais, avaliando a receptividade de uma determinada tecnologia. Neste caso, como a arquitetura *OpenSoils* é grande e voltada para diversos atores que atuam ao longo da cadeia agroalimentar, por limitações de escopo neste artigo, optamos por avaliar quantitativamente uma parte da arquitetura através do aplicativo *OpenSoils* Edu (Figura 2).

O *OpenSoils* Edu faz parte da Camada I da plataforma; usa como modelo a morfologia dos solos (Camada II) e permite a recuperação/visualização de dados pedológicos (Camada III) armazenados na Camada IV. *OpenSoils* Edu foi desenvolvido em *React Native* para ser utilizados em atividades educacionais na área de Segurança de Solos. Por intermédio do aplicativo os usuários podem se conectar ao *backend* recuperar dados novos ou legados; consultar dados públicos de exames de perfis/tradagens; visualizar mapas de perfis; consultar tipos de solos e/ou os tipos de solos de cada região brasileira.

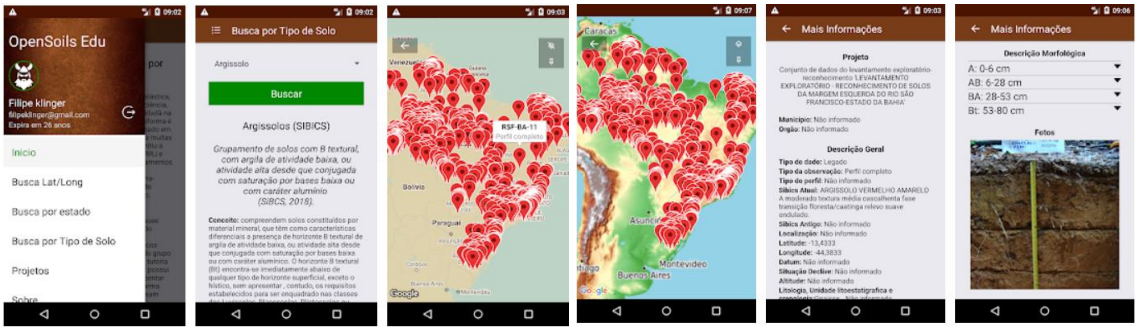

Figura 2. Exemplos de telas de consulta e visualização de dados no aplicativo *OpenSoils* Edu.

Nosso experimento considerou dois construtos (variáveis) para a avaliação do *OpenSoils* Edu: "utilidade percebida" (U) e a "facilidade percebida" (F). O primeiro avalia o grau que um indivíduo acredita que utilizar o aplicativo melhora seu desempenho nas tarefas educacionais e, o segundo avalia o grau que um indivíduo acredita que utilizar o aplicativo reduzirá seu esforço físico e mental. Também foi avaliada como estes fatores impactaram na "intenção de uso" (I) do aplicativo.

O experimento consistiu em um *survey* disponibilizado aos pesquisadores e pós-graduandos das áreas de computação e agronomia previamente selecionados, o público-alvo foi de 32 indivíduos. O experimento utilizou um questionário com afirmações relacionadas às variáveis apresentadas de forma randômica. As afirmações

foram elaboradas com base nos aspectos de cada variável. Considerou-se os seguintes aspectos para capturar a percepção de utilidade dos respondentes: o desempenho alcançado, a melhoria da produtividade, a qualidade das tarefas e a utilidade do aplicativo *OpenSoils* Edu em geral. Para a variável "facilidade percebida", a percepção do respondente foi capturada através dos seguintes aspectos: facilidade no uso por ele mesmo, facilidade no uso para aprender e a facilidade no uso em geral do *OpenSoils* Edu.

Foi utilizada uma escala Likert de 7 pontos (onde 1 corresponde a "DISCORDO" e 7 corresponde a "CONCORDO"). A Tabela 1 (esquerda) apresenta as afirmações utilizadas no questionário. A avaliação teve um total de 30 respondentes. A Tabela 2 (direita) apresenta o valor médio, a partir dos valores atribuídos pelos respondentes, para cada aspecto que compõe o questionário e a média obtida para cada variável da pesquisa.

Conforme pode ser observado na Tabela 2, os respondentes tiveram uma percepção maior de utilidade para o aplicativo *OpenSoils* Edu. Uma média satisfatória foi encontrada para a variável intenção de uso, o que pode indicar uma expectativa alta em relação a utilização desta tecnologia.

Tabelas 1 (esquerda) e 2 (direita) - Afirmações utilizadas na avaliação do *OpenSoils* Edu e as frequências das respostas na escala de Likert

ID	Afirmação
U01	Acho útil utilizar o *OpenSoils* Edu
U02	Usar o *OpenSoils* Edu permite alcançar meus objetivos com mais eficiência
U03	Usar o *OpenSoils* Edu melhora minha produtividade
U04	Usar o *OpenSoils* Edu aumenta a qualidade do meu trabalho
F01	Acho fácil adotar o *OpenSoils* Edu para alcançar meus objetivos
F02	Usar o *OpenSoils* Edu torna mais fácil executar minhas tarefas
F03	Acho fácil usar o *OpenSoils* Edu
I01	Assumindo que eu tenha acesso ao *OpenSoils* Edu, pretendo utilizá-lo
I02	Dado que eu tenha acesso ao *OpenSoils* Edu, acho que utilizá-lo-ei

	Opções na escala Likert							
Variável	1	2	3	4	5	6	7	Média
Utilidade								6,23
U01	0	0	0	0	0	4	12	6,75
U02	0	0	0	2	0	5	9	6,31
U03	0	0	0	4	1	3	8	5,94
U04	0	0	0	3	3	2	8	5,94
Facilidade								6,08
F01	0	0	0	2	5	1	8	5,94
F02	0	0	0	2	2	5	7	6,06
F03	0	0	0	1	3	3	9	6,25
Intenção de Uso								6,22
I01	0	0	0	2	1	3	10	6,31
I02	0	0	0	1	4	3	8	6,13

Ao analisar a variável "utilidade percebida" isoladamente, observa-se que o aspecto que obteve o menor índice de aprovação foi o que diz respeito a melhoria da produtividade. Isto, talvez, devido à própria proposta do *OpenSoils* Edu que é apresentar os dados de perfis e tradagens da plataforma *OpenSoils*, com buscas por perfis e por tipos de solos brasileiros, e com visualização através do Google Maps. O aspecto com maior índice de aprovação em "facilidade percebida" foi o que define como a facilidade de uso do *OpenSoils* Edu, logo, podemos inferir que a usabilidade foi bem percebida pelos respondentes. Podemos deduzir que o impacto destas variáveis na intenção de uso foi positiva, ou seja, os respondentes declararam uma forte pretensão de utilizar o *OpenSoils* Edu.

Apesar de uma tendência promissora nos resultados, novas avaliações devem ser realizadas na arquitetura *OpenSoils* como um todo, a fim de acompanhar e confirmar sua utilidade, usabilidade e acessibilidade para os demais atores envolvidos na cadeia agroalimentar brasileira.

7. Considerações Finais

Gerenciar projetos intensivos em dados da área de solos não é uma tarefa trivial. Neste trabalho, introduzimos não só o conceito SAPG nas Ciências de Solos mas também traçamos paralelos com as principais forças norteadoras. Contextualizamos sua usabilidade através do aplicativo *OpenSoils* Edu, a partir de uma plataforma que fornece apoio a projetos em segurança de solos e que já se encontra operacional. Maiores informações sobre a plataforma e sobre seus aplicativos móveis podem ser encontradas nas lojas do Google e no sítio www.opensoils.org.

Como trabalhos futuros, planejamos expandir a implementação da plataforma *OpenSoils* e investigar as ligações semânticas entre os dados de solos e domínios correlatos para melhorar as políticas de gerenciamento e curadoria de dados. Além disso, planejamos adotar o modelo de ciência cidadã e técnicas de *design thinking* para envolver uma rede de voluntários para auxiliar na coleta de novos dados em áreas urbanas conforme descritas por Cruz et al. [2018b].

Agradecimentos

O presente trabalho foi parcialmente realizado com apoio do Programa de Educação Tutorial (PET), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) – Código 315399/2018-0.

Referências

Antle J.M., Jones J.W., and Rosenzweig C.E. 2017a. Next generation agricultural system data, models and knowledge products: Introduction. Agricultural Systems.; 155:186-190.

Antle J.M., Jones J.W., and Rosenzweig C.E. 2017b. Next generation agricultural system models and knowledge products: Synthesis and strategy. Agricultural Systems.; 155:179-185.

Athanasiadis, I. N. 2015. Challenges in modelling of environmental semantics, In: Environmental Software Systems: Infrastructures, Services and Applications (ISESS 2015), IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol. 448, pg. 19–25.

Bambini, M.D., Bonacelli, M. B. M., Hiha, R. H. 2018. Pesquisa Agropecuária No Contexto Da E-Science: Monitoramento de Temas e Plataformas de Data Science. 56 Congresso SOBER, Campinas, SP. 20pp.

Cruz, S. M. S et al. 2018a. Towards an e-infrastructure for Open Science in Soils Security. In: Brazilian E-Science Workshop (BRESCI), Natal. Anais do XII Brazilian e-Science Workshop. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação.

Cruz, S. M. S et al. 2018b. OpenSoils: e-Science em Segurança de Solos II. Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia (TICAL), Cartagena da Índias. Anais da Octava Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación en Instituciones de Educación Superior, y II Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia

Cruz, S.M. S, Cruz, P. V., Vieira, A. C. V. 2018. Vision Paper: Challenges and Opportunities of Social Computing in Urban Agriculture in Global North and South Countries. Proceedings the of I Workshop on Big Social Data and Urban Computing co-located (BiDU) at VLDB 2018.

Davis, F. D. 1989. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of lnformation Technology, MIS Q., vol. 13, no. 3, pp. 319–340.

Flores, C. A., Alba, J. M. F. 2014. A Pedologia e a Agricultura de Precisão. Embrapa Instrumentação, Capítulo em livro científico.

Hey, T., Tansley, S., Tolle, K. M. 2009. The fourth paradigm: data-intensive scientific discovery. Redmond, WA: Microsoft Research, 252p.

Holzworth D.P., Snow V.O., Janssen S., Athanasiadis I.N., Donatelli M., Hoogenboom G., White J.W. and Thorburn P.J. 2015. Agricultural production systems modelling and software: current status and future prospects. Environ. Model. Softw. No. 72, pp. 276–286.

Inamasu, R. Y., Bernardi, C. A. C. 2014. Agricultura de Precisão. Embrapa Instrumentação, Capítulo em livro científico.

Janssen. S. J. C. et al. 2017. Towards a new generation of agricultural system models, data, and knowledge products: building an open web-based approach to agricultural data. Agricultural Systems. Vol. 155, pp. 269-288.

Koch A. et al., 2013. “Soil Security: Solving the Global Soil Crisis, Glob. Policy, vol. 4, no. 4, pp. 434–441.

Kruize, J.W., Wolfert, J., Scholten, H., Verdouw, C.N., Kassahun, A., and Beulens, A.J., 2016. A reference architecture for Farm Software Ecosystems. Computers and Electronics in Agriculture, 125, pp.12-28.

McBratney, A. Field, D. J., and Koch, A. 2014. The dimensions of soil security, Geoderma, vol. 213, pp. 203–213.

Marin, F.R., Pilau, F.G., Spolador, H.F., and Otto, R., Pedreira, C.G., 2016. Intensificação sustentável da agricultura brasileira: cenários para 2050. Revista de Política Agrícola, 25(3), pp.108-124.

Massruhá, S.M.F.S., Leite, M.D.A., and Moura, M.F. 2014. Os novos desafios e oportunidades das tecnologias da informação e da comunicação na agricultura (AgroTIC).

Pierpaoli, E., Carli, G., Pignati, E., Canavari, M. 2013. Drivers of Precision Agriculture Technologies Adoption: A Literature Review. Procedia Technology, vol. 8, pp. 61-69.

SiBCS. 2019. [Online]. https://www.embrapa.br/solos/sibcs

Wolfert, S., Ge, L. Verdouw, C., and Bogaardt, M. J. 2017. Big Data in Smart Farming – A review, Agric. Syst., vol. 153, pp. 69–80.

Yawson, D., Adu, M. Ason, B., Armah, F. and G. Yengoh. 2016. Putting Soil Security on the Policy Agenda: Need for a Familiar Framework, Challenges, vol. 7, no. 2, pp. 15.