15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA GESTÃO DOS DADOS DE PESQUISAS EM AGROPECUÁRIA DIGITAL

ALLAN B. DA SILVA[1], THIAGO L. L. SIQUEIRA[2]

[1] Graduando em Engenharia da Computação, Bolsista PIBITI, IFSP, Campus Piracicaba, allan.bastos@aluno.ifsp.edu.br.
[2] Docente do IFSP, Campus Piracicaba, prof.thiago@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.03.03.04-9 Sistemas de Informação

RESUMO: O crescimento da agropecuária digital e da e-Ciência requer soluções que facilitem a coleta e o compartilhamento de dados entre pesquisadores. Este trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema capaz de integrar fazendas inteligentes e pesquisas colaborativas, otimizando a gestão de dados e o acesso a experimentos científicos. A abordagem metodológica para o desenvolvimento do sistema incluiu a elicitação de requisitos, modelagem de dados e desenvolvimento incremental com protótipos. O sistema proposto foi implementado utilizando tecnologias como Python, PostgreSQL, MongoDB e HiveMQ. Para a interface com o usuário final, foram utilizadas as tecnologias HTML, Bootstrap, Flask e Matplotlib, garantindo uma interface web responsiva e visualização de dados em tabelas e gráficos. Durante a avaliação, a plataforma demonstrou capacidade de coletar e armazenar dados de sensores IoT em tempo real, além de permitir o gerenciamento de experimentos por meio de uma interface web que se adapta a diferentes dispositivos, como computadores e smartphones.

PALAVRAS-CHAVE: compartilhamento de dados; dispositivos IoT; interface web; gerenciamento de experimentos; pesquisa colaborativa; coleta de dados em tempo real.

AN INFORMATION SYSTEM FOR THE MANAGEMENT OF DIGITAL FARMING SCIENTIFIC DATA

ABSTRACT: The growth of digital agriculture and e-Science requires solutions that facilitate data collection and sharing among researchers. This work aims to develop a platform able to integrate smart farms and collaborative research, enabling data management and access to scientific experimental data. The methodological approach included requirements elicitation, data modeling, and incremental development with prototypes. The proposed system was implemented using technologies such as Python, PostgreSQL, MongoDB, and HiveMQ. For the user interface, technologies such as HTML, Bootstrap, Flask, and Matplotlib were used, ensuring a responsive web interface and data visualization in tables and charts. During evaluation, the platform demonstrated the capability to collect and store IoT sensor data in real-time, as well as allowing experiment management through an efficient web interface that adjusts to both computer and smartphone screens.

KEYWORDS: data sharing; IoT devices; web interface; experiment management; collaborative research; real-time data collection.

INTRODUÇÃO

Na agropecuária digital, as fazendas inteligentes são caracterizadas pela adoção de tecnologias visando redução de perdas, aumento de produtividade e atendimento às normas sanitárias e de bem-estar animal (Massruhá *et al.*, 2020). Por sua vez, a e-Ciência permite que pesquisadores realizem experimentos de forma colaborativa e analisem seus resultados de maneira compartilhada, por meio de plataformas de hardware e software (Koschtial, 2021). Soluções que integram agropecuária digital e e-Ciência têm o potencial de beneficiar a produtividade e ampliar a sustentabilidade, a partir da resolução de problemas complexos por equipes multidisciplinares. Contudo são conhecidas algumas características e limitações das soluções existentes. Ecossistemas de software enfocam em nichos específicos, e.g. pecuária leiteira (Gomes *et al.*, 2023). O compartilhamento de dados científicos nem sempre é feito por meio de solicitações que diferentes usuários enviam aos proprietários dos experimentos realizados nas fazendas inteligentes (Rosa *et al.*, 2023). Planos de gerenciamento de dados predefinem o compartilhamento de dados e as colaborações, restringindo a solicitação de acesso aos dados experimentais pertencentes a outros usuários do sistema (Pinheiro *et al.*, 2023). E *softwares* para *workflows* científicos não recebem dados enviados de dispositivos instalados nas fazendas inteligentes nem exibem esses dados simultaneamente (Pastorello; Medeiros; Santachè, 2007). Tais características e limitações motivaram o desenvolvimento de um sistema de informação capaz de obter, manter e disponibilizar dados de pesquisas da agropecuária digital para redes de colaborativas de pesquisadores. Tal sistema é descrito neste artigo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os principais métodos empregados incluíram a elicitação e a análise de requisitos (Sommerville, 2018), a modelagem de dados conforme um esquema objeto-relacional (Elmasri; Navathe, 2019), e a implementação do sistema e do banco de dados. O desenvolvimento seguiu o método evolucionário com protótipos descartáveis (Sommerville, 2018). Desta forma, seguiu-se uma abordagem incremental que envolveu a verificação, validação, testes e *feedback* de usuários ao longo do processo. Tal método permitiu compreender os requisitos de maneira gradual e incorporar mudanças de maneira eficiente. Para fins de documentação, foram preparados e gravados vídeos curtos narrados a respeito do funcionamento do sistema, no formato *webm*.

Na implementação, foram utilizadas as seguintes tecnologias: (i) linguagem de programação Python para a escrita do código-fonte; (ii) Docker para a criação dos contêineres; (iii) PostgreSQL para o armazenamento de dados estruturados; (iv) MongoDB para o armazenamento de dados semiestruturados e orientados a documentos; (v) PostgREST para gerenciar o banco de dados relacional via API; (vi) a biblioteca Flask para o desenvolvimento da API e do back-end do sistema web; (vii) HiveMQ como broker para comunicação MQTT; (viii) HTML, Bootstrap, Matplotlib e Pandas para o desenvolvimento do *front-end* e geração de gráficos; (ix) Google Firebase para identificação e autenticação de usuários; (x) GitHub como sistema de controle de versão, utilizando um repositório privado; e (xi) sistema operacional Debian Linux.. Posteriormente à implementação do sistema e, para a análise dos resultados, foram realizadas as seguintes avaliações.

Na primeira avaliação, promoveu-se a criação e execução de um experimento para coleta e transferência de dados. Nele, usou-se um dispositivo IoT baseado em ESP32, equipado com os sensores BMP280 para a medição da pressão atmosférica e DHT11 para a medição da temperatura e da umidade relativa do ar. Os dados foram coletados ao longo de 3 horas, durante uma tarde quente de inverno, em uma área que abrigava uma fazenda na década de 1940 cujas atividades incluíam a pecuária leiteira.

Na segunda avaliação, os dados coletados foram replicados 100 vezes num experimento fictício, para gerar um volume maior de informações a serem mostradas na tela. Potenciais usuários foram divididos em até 4 diferentes perfis no sistema. No perfil 1, o acesso seria feito a partir de um computador pessoal autorizado a ler os dados daquele experimento. No perfil 2, o mesmo acesso seria feito a partir de um *smartphone*. No perfil 3, o acesso por meio do *smartphone* seria feito para criar um experimento à parte, e posteriormente autorizar alguém interessado em participar dele. Por fim, no perfil 4, o acesso visaria solicitar o compartilhamento feito pelo perfil 3 e verificar as permissões atribuídas. Nessa avaliação, observou-se a percepção dos usuários, anotou-se suas sugestões, e sobretudo observou-se o funcionamento do sistema em diferentes plataformas de hardware e software.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema foi prototipado e se mostrou capaz de receber dados de ambiência provenientes de dispositivos IoT construídos com microcontroladores. Sua interface *web* permite que o usuário realize diversas operações, tais como criação, leitura, atualização e remoção de experimentos, etapas e dispositivos IoT. Cada experimento pode conter várias etapas, e cada experimento e/ou etapa pode envolver diversos dispositivos IoT. Além disso, pode-se associar anexos e links pertinentes aos experimentos e etapas, por exemplo: planilhas, fotos, vídeos, repositórios externos, dentre outros. Pode inclusive marcar um anexo como sensível (BRASIL, 2018). O usuário pode visualizar os dados tabulares que um dispositivo IoT coletou num experimento específico e gerar gráficos a partir dos dados coletados ao longo do tempo. Por exemplo: se um usuário quiser analisar a variação de temperatura durante um intervalo, ele pode filtrar os dados para exibir apenas a variável de temperatura e, em seguida, gerar um gráfico que ilustre como a temperatura variou ao longo do período monitorado.

Além disso, quando um usuário cadastra um experimento, um resumo deste é disponibilizado para todos os usuários com acesso ao sistema. Caso desejem mais detalhes, os usuários podem solicitar o acesso por meio de um formulário. Essa solicitação é encaminhada ao proprietário do experimento para aprovação. Uma vez aprovado o acesso pelo proprietário, os dados do experimento são compartilhados com o solicitante conforme as permissões atribuídas pelo proprietário (e.g. leitura e edição).

As principais funcionalidades atendidas e as páginas *web* correspondentes são ilustradas na Figura 1a. Inicialmente, o usuário pode se registrar ou fazer *login*, e, ao acessar o sistema, como mostrado na primeira imagem. Então é apresentado um menu com as opções: Início, Perfil, Experimentos, Sobre e Sair. A navegação pelas diferentes telas do sistema corresponde aos requisitos elicitados. O fluxo de interação referente ao registro de usuários envolve as telas 1 e 5, na qual é mostrado seus dados pessoais em uma página de perfil. Quando o usuário realiza o *login*, ele pode visualizar uma lista de experimentos na página inicial (tela 2), selecionar um experimento para ver mais detalhes (tela 3) e solicitar acesso ao mesmo (tela 4). Esse processo é representado pelas telas 1, 2, 3 e 4.

Outro fluxo abrange a criação de experimentos, no qual o usuário, após o *login* (tela 1), cria um experimento (tela 6) e visualiza seus detalhes (tela 7). A partir dessa etapa, três subfluxos são possíveis: o primeiro permite inserir e reordenar fases de um experimento, correspondendo às telas 8 e 10. O segundo subfluxo possibilita inserir uma fase (tela 8), anexar arquivos dentro dessa fase (tela 11), adicionar URLs (tela 9) e indicar se o conteúdo anexado é um dado sensível. O terceiro subfluxo permite ao usuário analisar uma solicitação de compartilhamento de um experimento e decidir entre aceitar ou negar a solicitação (tela 12).

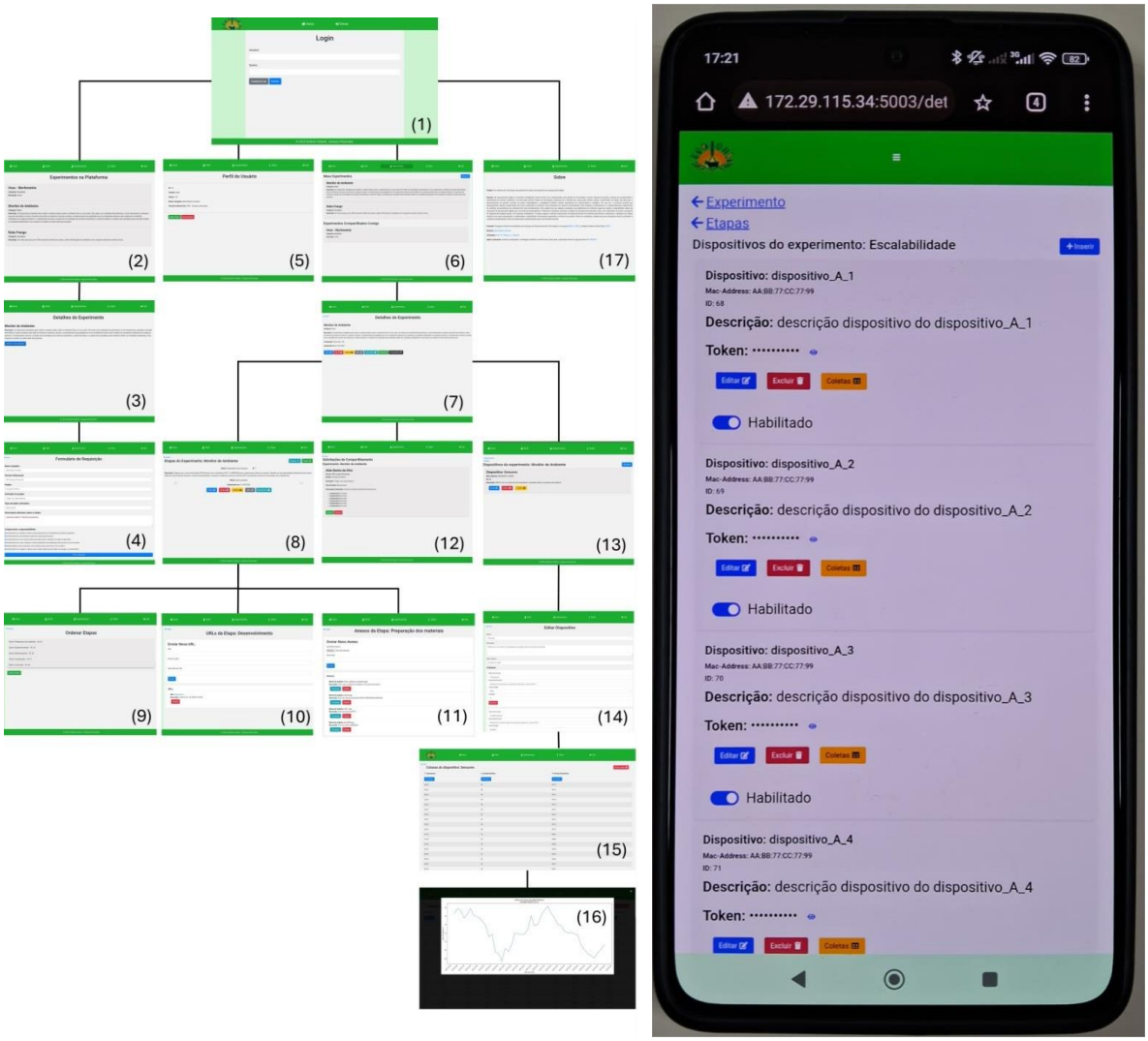
O sistema também possibilita o registro de dispositivos IoT. Esse fluxo inclui as telas 1, 6, 7, 13, 14, 15 e 16, onde, após o *login*, o usuário cria um experimento, visualiza seus detalhes, registra um dispositivo IoT, especifica os atributos dos dados de campo a serem coletados, e visualiza esses dados, que são armazenados e exibidos em formato de tabela e gráfico. A tela 13 pode ser vista em *smartphone* tal como exibido na Figura 1b. Por fim, a tela 17 contém uma breve descrição e contextualização do sistema.

Na primeira avaliação, durante a coleta e a transferência de dados, a temperatura variou de 29ºC a 28ºC, a umidade aumentou de 31% para 42%, e a pressão oscilou entre 95,73 e 95,81 bar. O dispositivo IoT enviou 521 registros, os quais o sistema foi capaz de receber e armazenar com êxito. Os dados foram associados a um experimento que havia sido criado no sistema, contendo 3 etapas e um dispositivo IoT devidamente registrado. A primeira avaliação foi considerada bem-sucedida porque os dados foram integralmente transmitidos até o sistema e armazenados em seu banco de dados.

Na segunda avaliação, participaram 16 potenciais usuários os diferentes perfis já descritos. Os resultados são listados na TABELA 1, na qual as execuções foram agrupadas de a-j conforme a quantidade de usuários. Durante cada execução, as principais observações feitas foram: (a) sem observações; (b) teve dificuldade em visualizar os gráficos na vertical; (c) sem observações; (d) botões ficaram pequenos; (e) teve dificuldade em clicar na bandeja de menu pelo tamanho pequeno; (f) bandeja do menu não apareceu inicialmente, depois de atualizar a página apareceu, mas ficou muito pequena; (g) botões ficaram pequenos e precisou de zoom para ler e pressioná-los; (h) clicou em recusar na hora de aceitar o formulário e observou que o botão para aceitar está à esquerda, quando normalmente este fica à direita; (i) sem observações; e (j) botões e texto ficaram pequenos. Tais observações motivaram manutenções no código-fonte. O sistema não apresentou nenhuma falha. A segunda avaliação foi considerada bem-sucedida, uma vez que o sistema pôde ser acessado simultaneamente por diferentes

potenciais usuários, não foram detectadas falhas de execução, e suas observações motivaram manutenções para o aprimoramento visual da interface do sistema.

FIGURA 1. Interface do sistema.



(a) Diagrama de navegação (b) Tela 13 exibida em *smartphone*

A partir do protótipo criado, foram gravados quatro vídeos descritos a seguir. O vídeo 1 aborda o *login* (usuário A) e os cadastros de experimento, etapa, dispositivo, e nova coleta, além disso são explicados os atributos da coleta referentes aos dados a serem obtidos no campo). O vídeo 2 aborda a abertura de um experimento existente com 100 coletas, exibição da listagem com essas inúmeras coletas geradas a partir de 100 dispositivos, e realça a paginação e a exibição dos dados tabulares e gráficos de uma coleta. O vídeo 3 aborda as telas inicial e Sobre, um *login* feito com o usuário T, que preenche o formulário e solicita acesso a um experimento de monitoramento de temperatura, bem como se compromete com o uso dos dados e, por fim, sai (*logout*). O vídeo 4 inicia com a entrada (*login*) do usuário A, que verifica o pedido de compartilhamento de dados citado no vídeo 3, aceita a solicitação e atribuir permissões para que o usuário T possa colaborar no experimento em questão. Tais vídeos não apenas documentam o sistema, mas consistem também em ferramenta para o treinamento dos usuários.

Resultados complementares e outras avaliações referentes ao sistema podem ser consultadas em Silva e Siqueira (2024).

TABELA 1. Execução do sistema a partir de computadores e *smartphones* de potenciais usuários.

Execução	Perfil	Sistema operacional	Quant.	Tela	Navegador
a	1 e 4	Windows	5	1920x1080 (20:9)	Chrome/Firefox
b	2 e 4	Android	1	2408x1080 (20:9)	Chrome
c	3	Android	1	2400x1080 (20:9)	Chrome
d	2 e 3	iOS	1	2532x1170 (20:9)	Safari
e	3	Android	1	2400x1080 (20:9)	Chrome
f	2 e 4	Android	1	2400x1080 (20:9)	Chrome
g	3	Android	1	2340x1080 (20:9)	Chrome
h	3	Android	1	2340x1080 (20:9)	Chrome
i	3	Android	1	2340x1080 (20:9)	Chrome
j	2 e 4	iOS	2	2532x1170 (20:9)	Safari

CONCLUSÕES

Neste artigo, descreveu-se a prototipação de um sistema de informação voltado para a gestão e o compartilhamento de dados de pesquisas em agropecuária digital. O sistema desenvolvido combina princípios da e-Ciência com o uso de métodos e ferramentas da Computação, tais como engenharia de software, banco de dados e redes. O sistema foi prototipado e avaliado. Numa das avaliações, a coleta, a transmissão e o armazenamento dos dados foram realizados com sucesso. Na outra avaliação, potenciais usuários com diferentes perfis puderam acessar o sistema usando computadores e *smartphones* para explorar as funcionalidades implementadas. Sugestões foram relatadas e não houve falha na execução, portanto considerou-se que a avaliação foi bem-sucedida. Documentou-se o sistema com vídeos para instruir os futuros usuários. Como resultado, o sistema oferece uma solução gerenciável e escalável para o armazenamento, a administração e o compartilhamento de dados de pesquisa na agropecuária digital, promovendo o avanço da e-Ciência nessa área. Além disso, planeja-se expandir o acesso a cooperativas e técnicos, e também incentivar parcerias entre instituições de ensino e pesquisa para utilização do sistema.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

T.L.L.S. atuou na conceitualização. A.B.S. e T.L.L.S. procederam com a metodologia e experimentos. A.B.S. e T.L.L.S. atuaram na redação do trabalho. A.B.S. e T.L.L.S. promoveram desenvolvimento, implementação e teste de software. Ambos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

CNPq e IFSP - PIBITI 2023-2024; Projeto FAPESP nº 22/07442-8; NUPEA/ESALQ-USP.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018**. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Brasília, DF: Presidência da República, 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm. Acesso em: 9 set. 2024.

ELMASRI, Ramez e NAVATHE, Shamkant B. **Sistemas de Banco de Dados**. 7.ed. Pearson, 2019, 1152p.

KOSCHTIAL, Claudia. **Understanding e-Science —: what is it about?**. In: KOSCHTIAL, Claudia; KÖHLER, Thomas; FELDEN, Carsten. E-Science: open, social and virtual technology for research collaboration. Cham: Springer, 2021. p. 1-9. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-66262-2_1. Acesso em: 18 out. 2023.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; EVANGELISTA, S. R. M. **A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente. In: Agricultura Digital: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Nas Cadeias Produtivas**, Vol. I. Eds. Embrapa, 2020. p. 20-45.

PASTORELLO JR, G. Z.; MEDEIROS, C. B.; SANTANCHÈ, A. Applying scientific workflows to manage sensor data. In: Proceedings of the 1st E-Science Workshop, held in conjunction with the 22nd Brazilian Symposium on Databases, João Pessoa, SBC, 2007. p. 9-18.

PINHEIRO, A. G.; CERCEAU, R.; CAMPOS, M. M.; CRUZ, S. M. S. **Uma Abordagem de Acompanhamento da Evolução de Planos de Gestão de Dados Ativos**. In: Anais do XVII Brazilian e-Science Workshop, Belo Horizonte/MG, 2023. p. 17-24. Disponível em: https://doi.org/10.5753/bresci.2023.233895. Acesso em: 22 ago. 2024.

SILVA, Allan Bastos da; SIQUEIRA, Thiago L. L.. Design, implementation and evaluation of an information system for the management of digital farming scientific data. In: LATIN AMERICAN COMPUTING CONFERENCE (CLEI 2024). Pre-proceedings… Bahía Blanca: IEEE, 2024. Disponível em: https://conferencia2024.clei.org/inicio/pre-proceedings/. Acesso em: 26 ago. 2024.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de software**. 10. ed. Pearson, 2018, 768 p.