

Esquema de modelagem conceitual para dados fitopatológicos

Herica Fernanda de Sousa Carvalho (CTI) herica.carvalho@cti.gov.br; Ferruccio de Franco Rosa (CTI) ferruccio.rosa@cti.gov.br; Luiza Maria Capanema Bezerra (IAC) luiza.bezerra@sp.gov.br

Resumo

*A cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) desempenha papel relevante na segurança alimentar e na geração de renda no Brasil, mas sua produtividade é frequentemente afetada por doenças. O gerenciamento eficiente dessas informações demanda estruturas de dados consistentes e organizadas. Este estudo apresenta sinteticamente a construção de um esquema de modelagem de dados conceitual voltado à estruturação de uma modelagem de dados, com o intuito de apoiar profissionais da área agrícola no processo de análise, manejo e tomada de decisão. A proposta é baseada nas entidades principais que permitem representar de forma lógica as interações por exemplo entre o agente patogênico, o hospedeiro e o ambiente. O esquema resultante organiza dados sobre agentes causais, sintomas, órgãos afetados, condições ambientais, métodos de controle e cultivares, fornecendo uma base conceitual sólida para o desenvolvimento de sistemas de informação agrícola e painéis interativos de monitoramento fitossanitário. O design proposto organiza de maneira lógica as informações sobre doenças do feijoeiro, facilitando sua análise e aplicação em sistemas computacionais. O modelo contribui tanto para a gestão do conhecimento fitossanitário, quanto para o avanço da agricultura digital, promovendo eficiência e precisão na tomada de decisão.*

Palavras-chave: modelagem conceitual; fitopatologia, feijão.

1. Introdução

A agricultura digital vem transformando a forma como dados agrícolas são coletados, organizados e analisados. O uso de sistemas de informação tem possibilitado a integração de dados provenientes de experimentos, sensores e bases públicas, contribuindo para a eficiência da produção e o avanço da pesquisa agropecuária (MASSRUHÁ et al., 2020). No entanto, a complexidade e a heterogeneidade dos dados agrícolas exigem metodologias de modelagem capazes de representar adequadamente os elementos do domínio de conhecimento.

A modelagem conceitual, tradicionalmente utilizada no desenvolvimento e uso de sistemas de informação (STOREY; LUKYANENKO; CASTELLANOS, 2023), oferece uma estrutura formal e compreensível para descrever entidades, atributos e relacionamentos. Aplicada à agricultura, essa abordagem permite organizar informações de modo a favorecer análises integradas e compreensíveis e que sejam globalmente acessíveis (MOHD NIZAR et al., 2021).

A agricultura moderna demanda o uso de sistemas de banco de dados que permitem integrar, organizar e analisar grandes volumes de dados provenientes de diferentes fontes, especialmente aqueles relacionados à sanidade vegetal. Por exemplo, no caso da cultura do feijão, uma das mais importantes para a segurança alimentar no Brasil, as doenças representam um dos principais fatores limitantes da produtividade. A ausência de uma estrutura padronizada para o armazenamento e o compartilhamento dessas informações dificulta a análise integrada dos dados fitossanitários, comprometendo a tomada de decisão por parte do produtor agrícola.

Nesse contexto, a modelagem conceitual surge como uma ferramenta essencial para estruturar informações de maneira lógica e compreensível, servindo de base para o desenvolvimento de sistemas de informação mais consistentes (ROBINSON et al., 2015). Diante dessa necessidade, o estudo tem como objetivo propor um esquema de modelagem conceitual voltado à estruturação de dados fitopatológicos, visando apoiar o gerenciamento e o rastreamento de informações fitossanitárias da cultura agrícola. Por meio da definição das entidades e dos relacionamentos que compõem o domínio das doenças de plantas, busca-se oferecer um modelo que auxilie no desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão e facilite o acesso a informações organizadas. Essa abordagem contribui para a padronização de dados e para o fortalecimento de práticas agrícolas baseadas em evidências. O modelo deve fornecer uma interpretação do sistema de fácil compreensão para os usuários.

2. Modelagem de dados

A pesquisa é de natureza aplicada e adota uma abordagem descritiva, configurando-se como um estudo de caso da cultura do feijão. A Figura 1 apresenta uma visão geral com as etapas que levaram ao desenvolvimento do esquema dos principais elementos que compõem o domínio fitopatológico.

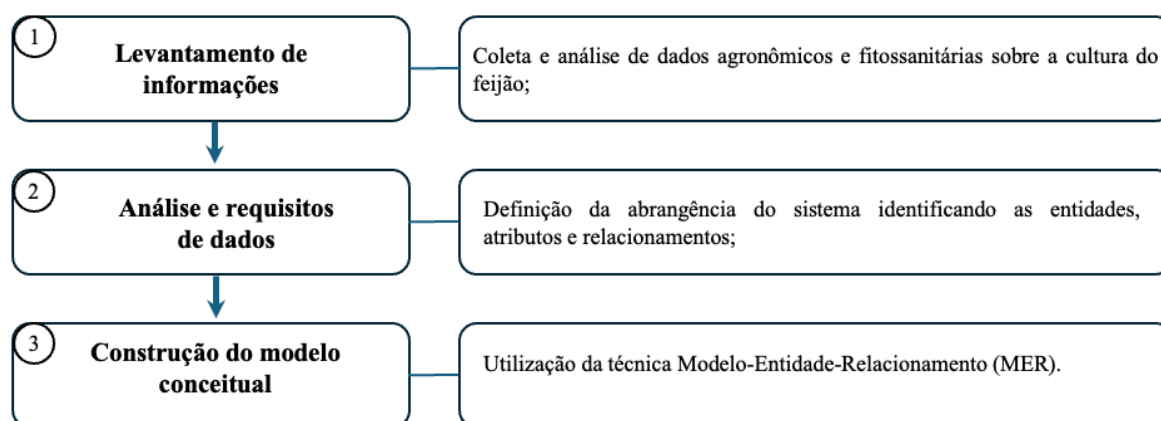


Figura 1 – Principais etapas para construir esquema de modelagem fitopatológico

O processo se inicia com a etapa de levantamento de informações na Plataforma de Registro Nacional de Cultivares (RNC), vinculada ao Ministério de Agricultura e Pecuária (MAPA), complementada com informações obtidas em artigos científicos, informativos técnicos e folders de divulgação institucionais elaborados pelas organizações de pesquisa e mantenedoras de cultivares comerciais. A Etapa 2 é a fase de análise e requisitos de dados, define-se a abrangência do sistema, com a identificação dos objetos que deverão ser incluídos a partir dos dados coletados, definindo as principais entidades, atributos e relacionamentos.

A Etapa 3 envolve a definição de como os dados são representados e organizados para o esquema conceitual; nesta fase, o projetista da base de dados atua com especialistas e usuários. Neste caso, foram dois especialistas da área de agricultura, que contribuiriam na definição dos atributos relevantes, na categorização das informações e na validação da coerência entre os dados. Complementarmente, um pesquisador da engenharia de computação colaborou na interpretação técnica do modelo, ajustando as variáveis e criando as relações entre os elementos.

De acordo com Elmasri & Navathe (2019), um modelo de dados consiste em um conjunto de conceitos que descrevem a estrutura de um banco de dados, incluindo os tipos de dados, seus vínculos e as restrições que garantem a consistência das informações.

Nessa perspectiva, as etapas descritas compõem o projeto inicial para a modelagem de bancos de dados, etapa do desenvolvimento de sistemas de informação voltada à organização e à definição da estrutura de armazenamento dos dados, a qual serve de modelo conceitual para as fases subsequentes de implementação e análise.

3. Resultados e discussões

A Figura 2 apresenta os elementos centrais de um esquema de modelo conceitual para um cultivo agrícola reunindo os termos e suas inter-relações, bem como os atributos mais relevantes vinculados às características morfológicas (estrutura da planta) e fitopatológicas (doenças). Cada entidade conceitual representa um conjunto específico de informações associadas à cultivar, constituindo-se como base para a organização e o armazenamento estruturado dos dados.

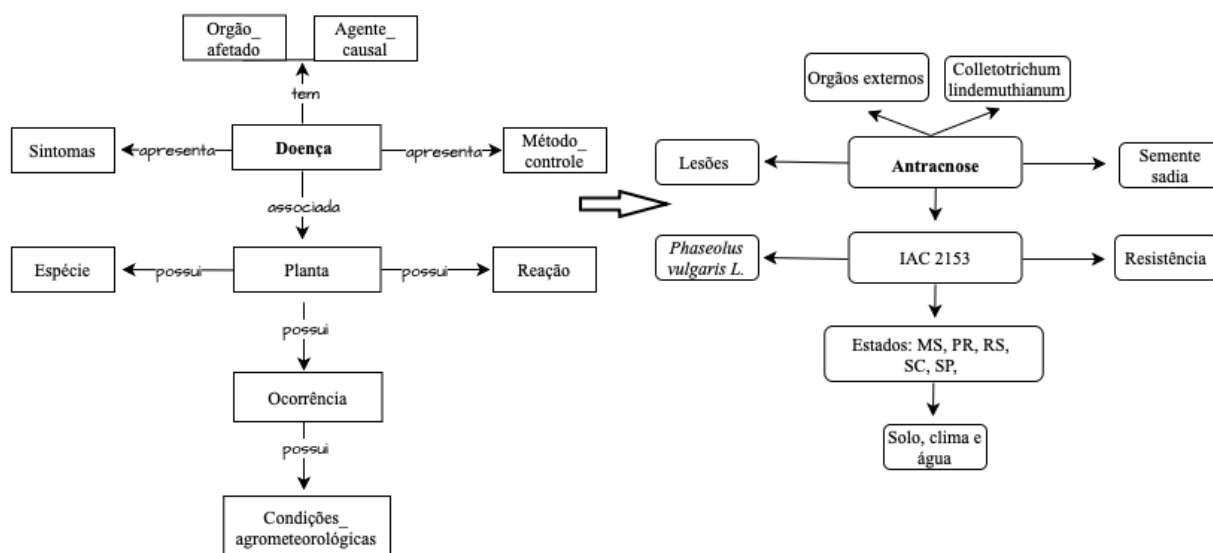


Figura 2. Principais elementos de um modelo conceitual na área de fitopatologia

A principal entidade do esquema é **Doença**, que se relaciona diretamente ao **tipo de agente causal** (fungo, bactéria, vírus ou nematoide) responsável por atingir determinada parte da planta, denominada **órgão afetado**, que pode ser a folha, raiz, caule, entre outros. Em seguida, esses órgãos apresentam **sintomas**, ou seja, características externas ou internas que possibilitam a identificação de demais entidades associadas à própria doença, por exemplo, o **método de controle**, que representa a forma de combater o agente causador.

A entidade **Ocorrência** pode conter atributos como localização e período de plantio, os quais estão associados à entidade **Condições Agrometeorológicas**, que abrange atributos referentes ao solo, à água e ao clima aos quais a planta está submetida. As entidades **Planta** e **Espécie** foram modeladas de modo a registrar informações inerentes ao campo, como a identificação da cultivar, fotografia e fase vegetativa em que se encontra. A entidade **Reação** é essencial, pois determina o nível de resistência ou suscetibilidade a determinada doença, permitindo análises comparativas entre genótipos.

Para demonstrar a aplicabilidade do modelo proposto, foi elaborado um exemplo prático utilizando a cultivar de feijão IAC 2153, registrada em 06/07/2021 pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) pertencente à espécie *Phaseolus vulgaris* L. Essa variedade foi afetada por uma doença específica chamada antracnose, cujo agente causal é *Colletotrichum lindemuthianum*. Apesar de apresentar resistência, a planta pode ainda manifestar sintomas em órgãos externos, como lesões visíveis, sendo um dos métodos de controle o uso de sementes saudáveis.

A cultivar IAC 2153 pode ser cultivada nos estados de Mato Grosso do Sul, Paraná, São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Cada um desses estados apresenta características específicas de solo, água e clima, às quais a planta está submetida. Esse exemplo ilustra como o modelo proposto pode ser utilizado para estruturar e integrar informações fitopatológicas de forma padronizada, facilitando tanto o armazenamento quanto a análise posterior dos dados.

Essa modelagem fornece uma visão integrada das informações fitossanitárias, com potencial de expansão para outras culturas agrícolas, além de apresentar viabilidade de implementação em sistemas de apoio à decisão. Ao relacionar dados de doenças com variáveis ambientais (temperatura, umidade, estação do ano), o modelo possibilita análises preditivas sobre o risco de ocorrência de surtos, contribuindo para o Manejo Integrado de Doenças (MID). Além disso, a padronização de dados proposta favorece o intercâmbio entre instituições de pesquisa e o reuso das informações em sistemas de extensão rural e monitoramento de lavouras.

4. Conclusão

O esquema de modelagem conceitual apresentado representa um passo importante para a consolidação de bancos de dados agrícolas interoperáveis voltados à sanidade vegetal. O design proposto organiza de maneira lógica as informações sobre doenças do feijoeiro, facilitando sua análise e aplicação em sistemas computacionais. O modelo contribui tanto para a gestão do conhecimento fitossanitário quanto para o avanço da agricultura digital, promovendo eficiência e precisão na tomada de decisão.

Referências

ELMASRI, RAMEZ; NAVATHE, SHAMKANT B. *Sistemas de Banco de Dados*. 7. ed. São Paulo: Pearson, 2019. ISBN 978-8543025001.

MASSRUHÁ, SMFS; LEITE, MAA; LUCHIARI JÚNIOR, A; EVANGELISTA, SRM. *A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente*. In: Massruhá SMFS, Leite MAA, Oliveira SRM, Meira CAA, Luchiari Júnior A, Bolfe EL, editors. *Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas*. Brasília (DF): Embrapa; 2020. p. 20-45. Available from: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1126214>

MOHD NIZAR, NUR MARAHAINI *et al.* *Underutilised crops database for supporting agricultural diversification*. Computers and Electronics in Agriculture, v. 180, 1 jan. 2021.

ROBINSON, S.; ARBEZ, G.; BIRTA, L. G. *Conceptual Modeling: Definition, Purpose and Benefits*. In: Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference, 2015. Palestra / artigo apresentado na Winter Simulation Conference 2015.

STOREY, V. C.; LUKYANENKO, R.; CASTELLANOS, A. *Conceptual Modeling: Topics, Themes, and Technology Trends*. ACM Computing Surveys, v. 55, n. 14 s, p. 1-38, 2023. DOI: 10.1145/3589338. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2505.13648>. Acesso em: 15 out. 2025.