

Uma Ontologia para Suporte a Agricultura Orgânica e Agroecológica em Áreas Urbanas

Leonardo Vianna do Nascimento¹, Fedra Kruger¹,
Júlia Isadora Rosa¹, José Palazzo Moreira de Oliveira²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFRS) – Alvorada – RS – Brasil

²Instituto de Informática – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Porto Alegre – RS – Brasil

{leonardo.nascimento, fedra.kruger}@alvorada.ifrs.edu.br

julia.steimmetz@aluno.alvorada.ifrs.edu.br, palazzo@inf.ufrgs.br

Abstract. *Urban vulnerable populations face economic and informational barriers to accessing organic food. Urban and Peri-Urban Agriculture (UPA) emerges as a strategy to promote food autonomy and sustainability. This work proposes a preliminary ontology for modeling plants and cultivars, organizing knowledge on species, environmental requirements, and cultivation practices. Conceived as a reusable conceptual artifact, it supports future ICT-based systems for urban organic gardening. A case study illustrates its applicability as a semantic infrastructure.*

Resumo. *Populações urbanas vulneráveis enfrentam barreiras ao acesso a alimentos orgânicos, o que torna a agricultura urbana e periurbana uma estratégia relevante. Neste contexto, propõe-se uma ontologia inicial para modelar plantas e cultivares, organizando o conhecimento sobre espécies, requisitos ambientais e práticas de cultivo. Como artefato conceitual, visa apoiar sistemas de planejamento de hortas urbanas e é avaliada preliminarmente por meio de um estudo de caso que demonstra seu potencial como infraestrutura semântica.*

1. Introdução

O aumento da demanda global por alimentos tem historicamente favorecido modelos agrícolas intensivos em insumos químicos, com impactos ambientais e riscos à saúde, em contraste com a agricultura orgânica, baseada em princípios agroecológicos voltados à sustentabilidade [Bhuyan et al. 2022]. Apesar de seus benefícios, o acesso a alimentos orgânicos permanece limitado, especialmente em contextos urbanos e entre populações de menor renda, devido a barreiras econômicas, informacionais e distributivas [Mooz and Silva 2014], o que afeta a segurança e soberania alimentar. Nesse cenário, a Agricultura Urbana e Periurbana (AUP) surge como alternativa relevante para ampliar o acesso, promover a sustentabilidade e fortalecer as comunidades [Azevedo et al. 2020; Curan and Marques 2021], embora ainda enfrente desafios relacionados à falta de conhecimento técnico estruturado.

Ontologias constituem uma abordagem metodologicamente consistente para representar domínios de maneira formal, explícita e compartilhada, permitindo interpretação por humanos e sistemas computacionais. Embora existam iniciativas no

domínio agrícola, persiste uma lacuna na modelagem de cultivares, especialmente na agricultura orgânica urbana. Cultivares são variedades selecionadas por características desejáveis, como produtividade e adaptação ambiental [Horticulturae 2009], sendo sua representação essencial para sistemas de recomendação. Nesse contexto, a COnto é proposta para estruturar esse conhecimento, suprir essa lacuna e oferecer uma base semântica para integração, consulta e inferência, conforme evidenciado em um estudo de caso.

2. Trabalhos Relacionados

A presente seção tem por finalidade oferecer uma visão abrangente e representativa do estado da arte no domínio em questão, privilegiando a cobertura sistemática das principais iniciativas identificadas na literatura. A opção metodológica adotada prioriza o mapeamento das diferentes propostas, de seus focos e finalidades declaradas, com o objetivo de situar a ontologia desenvolvida em um panorama amplo e estruturado, evidenciando convergências e lacunas recorrentes. Não se buscou, neste momento, realizar uma comparação exaustiva e aprofundada segundo critérios uniformes, mas sim assegurar uma base consistente de contextualização, considerada essencial para fundamentar o posicionamento e a relevância da proposta apresentada. A modelagem conceitual na agricultura é uma área amplamente pesquisada, com diversas ontologias desenvolvidas para representar desde conceitos gerais até conceitos específicos de cultivos [Drury et al. 2019]. A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) criou o AGROVOC, um vocabulário multilíngue com cerca de 35.000 conceitos, abrangendo agricultura, nutrição e meio ambiente [Caracciolo et al. 2013]. Apesar de sua abrangência, possui limitações em aspectos específicos de cultivo, como cultivares, fertilizantes e manejo.

O projeto *Planteome*¹ oferece ontologias como a *Plant Ontology* (PO), que descreve estruturas anatômicas e estágios de desenvolvimento das plantas, e a *Plant Trait Ontology* (TO), que abrange diferentes tipos de características (morfologia, qualidade, estresse etc.). Essas ontologias são úteis, mas não visam modelar cultivos de forma abrangente.

O *Crop Ontology* (CO)² reutiliza PO e TO para definir ontologias específicas de culturas como milho e arroz, promovendo interoperabilidade e padronização [Shrestha et al. 2012, Arnaud et al. 2022]. Contudo, não contempla práticas de manejo. A *Agronomy Ontology* (AgrO)³ organiza semanticamente termos sobre práticas agrícolas, como implementos, processos e fertilizantes, mas não modela cultivares ou suas características. Por fim, a *PermOnto* [Chollet et al. 2023] foca em fazendas inteligentes, modelando características de plantas e interações positivas entre elas (por exemplo, fornecimento de nutrientes ou sombra), mas não abrange cultivares nem interações antagônicas.

A Tabela 1 resume as ontologias discutidas. A ontologia proposta neste trabalho busca suprir a lacuna na modelagem de cultivares e de seus conceitos relacionados, que estão ausentes nas abordagens existentes.

A revisão bibliográfica evidencia que as ontologias existentes no domínio agrícola abordam aspectos específicos, porém de forma fragmentada. O AGROVOC contem-

¹<https://planteome.org/>

²<https://cropontology.org/>

³<https://bigdata.cgiar.org/resources/agronomy-ontology/>

Tabela 1. Lista Resumida de Trabalhos Relacionados.

Ontologia	Pontos Fortes	Pontos Fracos
AGROVOC	Vocabulário abrangente sobre espécies, taxonomia, e relações com produtos e pragas.	Não abrange cultivares e práticas de manejo.
<i>Plant Ontology</i> (PO)	Estruturas anatômicas de plantas e etapas de desenvolvimento.	Não abrange outras informações sobre plantas ou práticas agrícolas.
<i>Plant Trait Ontology</i> (TO)	Características fenotípicas de plantas.	Não abrange outras informações sobre plantas ou práticas agrícolas.
<i>Crop Ontology</i> (CO)	Base de conhecimento sobre características fenotípicas de algumas espécies de plantas comumente usadas na agricultura.	Não abrange outras informações sobre diversas espécies usadas em hortas urbanas no Brasil e também não é focada em agricultura orgânica.
AgrO	Modelagem de práticas de manejo.	Não abrange outras informações sobre plantas.
PermOnto	Características e preferências de plantas e interações entre diferentes tipos de plantas.	Modelagem limitada de práticas de manejo e não abrange a modelagem específica de cultivares.

pla espécies, taxonomia e relações com produtos e pragas, mas não inclui cultivares nem práticas de manejo. A *Plant Ontology* (PO) concentra-se em estruturas anatômicas e estágios de desenvolvimento, enquanto a *Plant Trait Ontology* (TO) e a *Crop Ontology* (CO) priorizam características fenotípicas, sendo esta última restrita a determinadas espécies agrícolas e sem foco na agricultura orgânica ou na diversidade de hortas urbanas brasileiras. Já a AgrO dedica-se à modelagem de práticas de manejo, sem abordar informações botânicas mais amplas, e a PermOnto contempla características, preferências e interações entre plantas, mas apresenta limitações na modelagem de manejo e não representa cultivares de forma específica. Em conjunto, observa-se a ausência de uma ontologia que integre, de forma abrangente, espécies, cultivares, características, preferências ambientais e práticas de manejo, especialmente no contexto da agricultura orgânica urbana.

3. Ontologia

A ontologia desenvolvida adota uma estratégia de reutilização de ontologias consolidadas, de fim de promover a interoperabilidade e o alinhamento semântico. Em particular, são reutilizadas a *Plant Ontology* (PO) para representar estágios de desenvolvimento das plantas, a *Plant Trait Ontology* (TO) para modelagem de características fenotípicas, e a *Agronomy Ontology* (AgrO) para representar ações e processos de manejo agrícola. Além disso, são utilizadas ontologias de apoio, como QUDT⁴ para a modelagem de quantidades e unidades, DOLCE+DnS Ultralite (DUL)⁵ para a representação de regiões geográficas e OWL-Time⁶ para aspectos temporais.

⁴<https://www.qudt.org/>

⁵http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Ontology:DOLCE+DnS_Ultralite

⁶<https://www.w3.org/TR/owl-time/>

A Figura 1 apresenta a modelagem básica de um cultivar. O conceito central da ontologia é a classe *Cultivar*, associada a uma espécie, a identificadores formais (por exemplo, registros oficiais), a descrições textuais e a nomes científicos e populares. Características morfológicas e fenotípicas podem ser associadas aos cultivares por meio de indivíduos da classe *Plant Trait*, permitindo a descrição de aspectos relacionados à planta como um todo ou a partes específicas, como folhas e raízes.

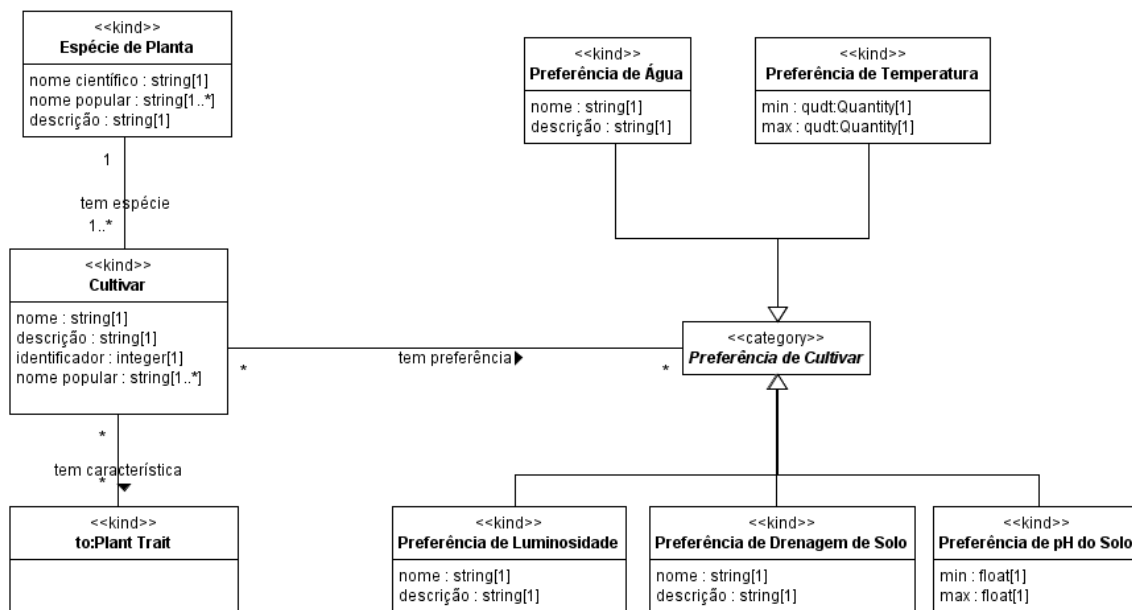


Figura 1. Modelagem básica de um cultivar.

A COnto representa formalmente preferências ambientais de cultivares — como temperatura, luminosidade, água, drenagem e pH — por meio de valores intervalares ou descrições qualitativas, permitindo consultas semânticas e inferências sobre adequação ambiental. Além disso, modela práticas de manejo associadas a estágios de desenvolvimento definidos na *Plant Ontology* (PO), especializadas em ações agrícolas com base na *Agronomy Ontology* (AgrO), incluindo alternativas como diferentes métodos de adubação orgânica.

O conceito de *Manejo* pode ser expandido para incluir características específicas de cada fase do ciclo da planta. Por exemplo, a ontologia define a classe *Manejo de Plantio*, especialização de *Manejo*, que descreve informações como espaçamento entre plantas e entre linhas, métodos de plantio (semeadura direta ou transplante de mudas) e épocas adequadas de plantio, considerando diferentes regiões geográficas e períodos do ano. Para cada método de plantio, podem ser especificados parâmetros relevantes, como a profundidade da cova, o tempo de germinação ou a forma de propagação das mudas.

A COnto foi modelada utilizando a linguagem OntoUML [Guizzardi et al. 2018], o que permitiu uma representação conceitual precisa e alinhada aos fundamentos ontológicos. Essa modelagem conceitual serve de base para a implementação da ontologia em RDF/OWL, possibilitando seu uso em bases de conhecimento, consultas SPARQL e mecanismos de inferência voltados ao apoio ao cultivo orgânico em áreas urbanas.

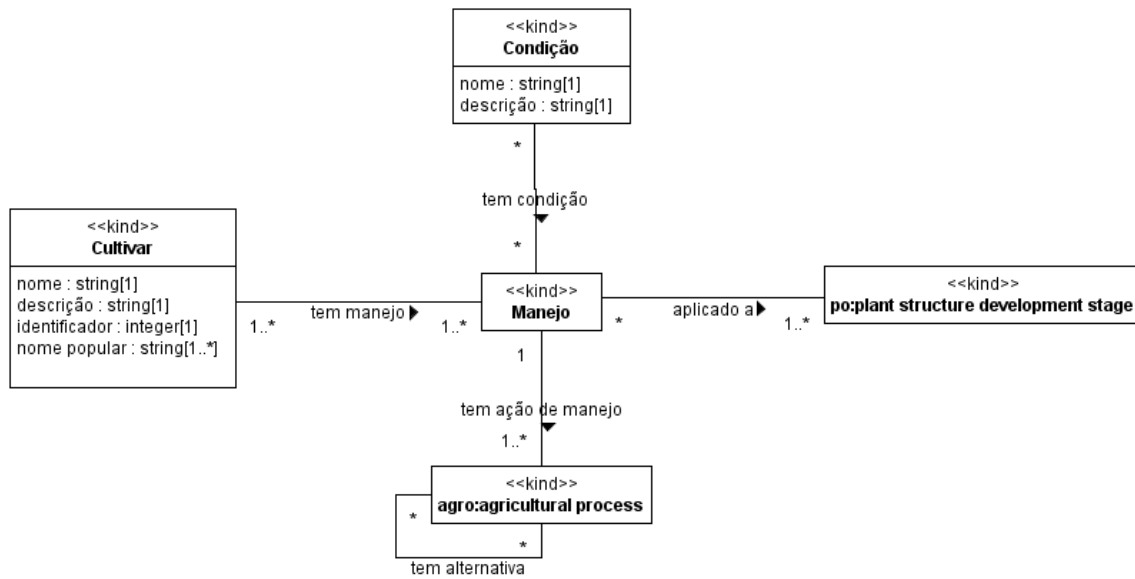


Figura 2. Modelagem básica de práticas de manejo.

4. Avaliação

A avaliação da ontologia COnto foi realizada por meio de sua implementação em RDF/OWL e da análise de sua capacidade de representar informações reais sobre cultivares, bem como de responder a consultas típicas do contexto da agricultura orgânica urbana. A abordagem adotada busca demonstrar tanto a expressividade do modelo ontológico quanto sua aplicabilidade como base de conhecimento para apoio à decisão. A ontologia foi implementada utilizando RDF na sintaxe *Turtle*, com base na ontologia de fundamentação gUFO [Almeida et al. 2019]. A implementação completa está disponível em um repositório público⁷. O trecho a seguir ilustra de forma simplificada a representação de uma prática de manejo:

Exemplo simplificado de pratica de manejo.

```

contodb:m_Plantio_Beterraba a conto:PlantingManagement ;
    # Espacamentos de plantio.
    conto:rowSpacing contodb:quantity_Distancia_30cm ;
    conto:plantSpacing contodb:quantity_Distancia_6cm ;

    # Metodos de plantio possiveis para o cultivar.
    conto:hasPlantingMethod
        contodb:pm_Beterraba_Itapua_Semente ;
    conto:hasPlantingMethod contodb:pm_Beterraba_Muda ;

    # Epocas de plantio em regioes diferentes.
    conto:hasPlantingSeason
        contodb:p_season_Beterraba_1 ;
    conto:hasPlantingSeason
        contodb:p_season_Beterraba_2 ;
    
```

O exemplo de modelagem apresentado demonstra que a COnto é capaz de repre-

⁷https://github.com/lvnascimento/sbbd2026/blob/main/cultivares_groundtruth.ttl

sentar, de forma integrada, informações essenciais sobre espécies, cultivares e práticas de manejo no contexto da agricultura orgânica urbana. A seguir, são apresentadas consultas SPARQL representativas que ilustram como a ontologia pode ser utilizada para responder a perguntas frequentes de agricultores urbanos.

Q1. Em que época posso plantar determinado produto e quais cultivares devo utilizar?

```
SELECT DISTINCT ?nome_cultivar ?tempo
WHERE {
  ?cult conto:providesProduct ?prod .
  ?prod rdfs:label ?prod_name .
  ?cult skos:prefLabel ?nome_cultivar .
  ?cult conto:hasManagement ?plantio .
  ?plantio conto:hasPlantingSeason ?epoca .
  ?epoca dul:hasLocation REGIAO .
  ?epoca time:hasTime ?tempo
  FILTER regex(?prod_name, NOME_PRODUTO, "i" )
}
```

Q2. O que posso plantar em determinada época e região geográfica?

```
SELECT ?prod_name ?nome_cultivar
WHERE {
  ?cult conto:providesProduct ?prod .
  ?prod rdfs:label ?prod_name .
  ?cult skos:prefLabel ?nome_cultivar .
  ?cult conto:hasManagement ?plantio .
  ?plantio conto:hasPlantingSeason ?epoca .
  ?epoca dul:hasLocation REGIAO .
  ?epoca time:hasTime ?mes .
  ?mes time:inDateTime MES .
}
```

Os resultados indicam que a COnto possibilita estruturar e recuperar informações essenciais ao cultivo orgânico urbano, como épocas de plantio, práticas de manejo e exigências ambientais, por meio de consultas semânticas.

5. Conclusão

O trabalho apresenta a COnto como uma ontologia inicial voltada à modelagem de plantas e cultivares na agricultura orgânica urbana e periurbana, integrando conceitos de espécies, condições ambientais e práticas de cultivo com base no reuso de modelos consolidados. Sua aplicabilidade foi demonstrada por meio de um estudo de caso e de consultas SPARQL, evidenciando a capacidade de organizar e recuperar informações relevantes. Ainda em caráter preliminar, os resultados indicam que a ontologia constitui uma base semântica consistente e extensível para sistemas de apoio ao planejamento e à gestão de hortas urbanas, sendo compatível com mecanismos de inferência e com a expansão da base de conhecimento, incluindo, como perspectivas, a incorporação de novos cultivares, espécies, modelos de pragas e interações ecológicas.

Agradecimentos Este estudo foi parcialmente financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por meio dos projetos 402086/2023-6 e 306695/2022-7.

Referências

- Almeida, J., Guizzardi, G., Falbo, R., and Sales, T. P. (2019). gufo: a lightweight implementation of the unified foundational ontology (ufo). URL <http://purl.org/nemo/doc/-gufo>.
- Arnaud, E., Hazekamp, T., Laporte, M.-A., Antezana, E., Andres Hernandez, L., Pot, D., Shrestha, R., Dreher, K., Castiblanco, V., Menda, N., et al. (2022). Crop ontology governance and stewardship framework.
- Caracciolo, C., Stellato, A., Morshed, A., Johannsen, G., Rajbhandari, S., Jaques, Y., and Keizer, J. (2013). The agrovoc linked dataset. *Semantic Web*, 4(3):341–348.
- Chollet, N., Bouchemal, N., and Ramdane-Cherif, A. (2023). Iot-enabled agroecology: Advancing sustainable smart farming through knowledge-based reasoning. In *KEOD*, pages 190–199.
- Drury, B., Fernandes, R., Moura, M.-F., and de Andrade Lopes, A. (2019). A survey of semantic web technology for agriculture. *Information Processing in Agriculture*, 6(4):487–501.
- Guizzardi, G., Fonseca, C., Benevides, A. B., Almeida, J., Porello, D., and Sales, T. (2018). Endurant types in ontology-driven conceptual modeling: Towards ontouml 2.0. In *Conceptual Modeling - 37th International Conference, ER 2018*, volume 11157 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 136–150. Springer.
- Shrestha, R., Matteis, L., Skofic, M., Portugal, A., McLaren, G., Hyman, G., and Arnaud, E. (2012). Bridging the phenotypic and genetic data useful for integrated breeding through a data annotation using the crop ontology developed by the crop communities of practice. *Frontiers in physiology*, 3:326.