

Campinas, SP / Dezembro, 2025

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

9 INDÚSTRIA,
INOVAÇÃO E
INFRAESTRUTURA



Por que a Embrapa precisa de ontologias? Caminhos para a organização e integração do conhecimento agropecuário brasileiro



SIExp.



Alelo Recursos Genéticos



Redape



repositório
alice



ESPAÇO CONCEITUAL DO CONHECIMENTO AGRÍCOLA



infoteca-e
Repositório de Informação Tecnológica da Embrapa



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Territorial
Ministério da Agricultura e Pecuária*

ISSN 0103-7811 / e-ISSN 3085-8836

Documentos 163

Dezembro, 2025

**Por que a Embrapa precisa de ontologias?
Caminhos para a organização e integração
do conhecimento agropecuário brasileiro**

*Celina Maki Takemura
Milena Ambrosio Telles
Leandro Henrique Mendonça de Oliveira
Bibiana Teixeira de Almeida
Debora Pignatari Drucker
Jaudete Daltio
Rochelle Martins Alvorcem
Maria de Clóofas Faggion Alencar
Anderson Soares Ferreira*

*Embrapa Territorial
Campinas, SP
2025*

Embrapa Territorial	Edição executiva
Av. Soldado Passarinho, nº 303	<i>Bibiana Teixeira de Almeida</i>
Fazenda Chapadão	Revisão de texto
13070-115, Campinas, SP	<i>Bibiana Teixeira de Almeida</i>
Fone: (19) 3211.6200	Normalização bibliográfica
www.embrapa.br/territorial	<i>Vera Viana dos Santos Brandão</i>
www.embrapa.br/fale-conosco/sac	
Comitê Local de Publicações	Projeto gráfico
Presidente	<i>Leandro Sousa Fazio</i>
<i>Lucíola Alves Magalhães</i>	Diagramação
Secretária-executiva	<i>Suzilei Carneiro</i>
<i>Bibiana Teixeira de Almeida</i>	Fotos da capa
Membros	<i>Jaudete Daltio e Freepik.com</i>
<i>André Luiz dos Santos Furtado</i>	
<i>Celina Maki Takemura</i>	Publicação digital: PDF
<i>Janice Freitas Leivas</i>	
<i>Rafael Mingoti</i>	
<i>Suzilei Francisca de Almeida Gomes Carneiro</i>	
<i>Vera Viana dos Santos Brandão</i>	
<i>Jaudete Daltio</i>	
<i>Cristina Criscuolo</i>	
<i>Rogério Resende Martins Ferreira</i>	
<i>e Daniela Tatiane de Souza</i>	

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Territorial

Por que a Embrapa precisa de ontologias? / Celina Maki Takemura [et al.]. — Campinas: Embrapa Territorial, 2025.
PDF (19 p.) : il. color. — (Documentos / Embrapa Territorial, e-ISSN 3085-8836 ; 163)

1. Gestão da informação. 2. Governança de dados. 3. Recursos semânticos. I. Takemura, Celina Maki. II. Telles, Milena Ambrósio. III. Oliveira, Leandro Henrique Mendonça. IV. Almeida, Bibiana Teixeira de. V. Drucker, Debora Pignatari. VI. Daltio, Jaudete. VII. Alvorcem, Rochelle Martins. VIII. Alencar, Maria de Clóofas Faggion. IX. Ferreira, Anderson Soares. X. Título. XI. Série.

CDD (21. ed.) 025.49

Autores

Celina Maki Takemura

Bacharel em Ciência da Computação, doutora em Ciência da Computação, pesquisadora da Embrapa Territorial, Campinas, SP

Milena Ambrosio Telles

Licenciada em Língua Portuguesa e Literatura, doutora em Ciência da Informação, analista da Embrapa, Brasília, DF

Leandro Henrique Mendonça de Oliveira

Bacharel em Ciência da Computação, doutor em Ciência da Computação, analista da Embrapa, Brasília, DF

Bibiana Teixeira de Almeida

Bacharel em Letras, especialista em Tradução, analista da Embrapa Territorial, Campinas, SP

Debora Pignatari Drucker

Engenheira florestal, doutora em Ambiente e Sociedade, analista da Embrapa Agricultura Digital, Campinas, SP

Jaudete Daltio

Bacharel em Ciência da Computação, doutora em Ciência da Computação, analista da Embrapa Territorial, Campinas, SP

Rochelle Martins Alvorcem

Bibliotecária, mestre em Ciência da Informação, analista da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS

Maria de Cléofas Faggion Alencar

Bibliotecária, doutora em Educação, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Anderson Soares Ferreira

Tecnólogo em Processamento de Dados, mestre em Ciência da Computação, analista da Embrapa Territorial, Campinas, SP

Apresentação

A Embrapa Territorial, unidade temática da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), atua na viabilização de soluções de inteligência, gestão e monitoramento territorial para a agricultura brasileira. Em seus projetos e ações, a Unidade desenvolve e aplica métodos para propiciar aos gestores públicos e privados maior conhecimento da complexidade do mundo rural, seus desafios e oportunidades.

Nossas equipes multidisciplinares fazem amplo uso das geotecnologias para gerar, integrar e analisar dados de várias fontes e naturezas, em bases territoriais e em diversas escalas temporais, para extrair as melhores informações e apoiar ações estratégicas nas centenas de decisões tomadas ao longo das safras.

O desenvolvimento e a aplicação de métodos, técnicas e procedimentos permitem detectar, identificar, qualificar, cartografar, prever e monitorar os diversos aspectos e fatores que influenciam a dinâmica de atividades agrícolas, pecuárias, florestais e ambientais em nível local, regional e nacional.

Bons prognósticos e diagnósticos territoriais são fundamentais na busca pelo desenvolvimento agropecuário sustentável, de modo a equilibrar as questões produtivas, socioeconômicas e ambientais. Além da caracterização de aspectos técnicos e agronômicos, a análise detalhada da agropecuária

de uma determinada região implica compreender como essas características interagem com cada situação natural, agrária, agrícola, de infraestrutura e socioeconômica possibilitando o monitoramento de sua evolução.

Tecnologias emergentes, como inteligência artificial (IA) e ciência de dados, dependem de dados organizados, semanticamente enriquecidos e interoperáveis. A Embrapa dialoga com iniciativas internacionais consolidadas, voltadas à gestão de recursos semânticos, à padronização terminológica e à interoperabilidade semântica no domínio agropecuário, como o Agrovoc e o AgroPortal. Esta obra relata trabalhos correntes conduzidos pela Comissão Permanente de Trabalho em Vocabulários Controlados, Agroterminologias e Agrossemântica da Embrapa, o GTermos, para sistematizar avanços obtidos e indicar próximos passos na consolidação de uma ontologia institucional para a Embrapa, contribuindo para uma governança mais integrada e interoperável da informação técnico-científica e dos recursos institucionais de dados. Esta publicação contribui para o alcance do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) ODS 9, “Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação”, da Organização das Nações Unidas (ONU).

Gustavo Spadotti Amaral Castro
Chefe-Geral da Embrapa Territorial

Sumário

1. Introdução	9
2. Motivação: desafios e objetivos organizacionais que justificam o uso de ontologias	10
3. Domínio: campo temático de atuação da ontologia	11
4. Tipo de conhecimento: explícito (formalizado em documentos e bases) ou tácito (experiência e prática não codificada)	12
5. Extração de conhecimento: métodos usados para extrair informações relevantes	12
6. Processo de inserção de conhecimento: fluxos de entrada do conhecimento nas ferramentas ontológicas	13
7. Processo de recuperação de conhecimento: como os usuários acessam e utilizam o conhecimento estruturado	13
8. Tecnologia de compartilhamento de conhecimento: plataformas e mecanismos que permitem o compartilhamento do conhecimento estruturado	14
9. Fonte dos componentes ontológicos: bases utilizadas para construir ou ampliar a ontologia (vocabulários existentes, padrões internacionais, glossários técnicos)	16
10. Metodologia ontológica: abordagens adotadas para construir, validar e manter a ontologia	16
11. Conclusão	17
12. Referências	17

1. Introdução

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desempenha, há mais de cinco décadas, um papel estratégico na geração e disseminação de conhecimento técnico e científico para o setor agropecuário nacional. Ao longo de sua história, a instituição acumulou um acervo expressivo de dados, informações e tecnologias que abrangem desde experimentos de campo até soluções digitais para a agricultura de precisão. O volume crescente e a diversidade de fontes, formatos e áreas de atuação da Embrapa têm gerado um desafio evidente: como organizar, integrar e tornar acessível esse patrimônio de conhecimento de forma eficiente, com o objetivo de gerar inteligência e agilidade para a continuidade do protagonismo da Empresa como produtora de inovação para a agropecuária brasileira?

No contexto da transformação digital e da crescente demanda por soluções baseadas em dados, a capacidade de estruturar e conectar informações dispersas tornou-se um requisito fundamental para instituições de pesquisa. Tecnologias emergentes, como inteligência artificial (IA), ciência de dados, sensores e sistemas de recomendação, dependem de dados organizados, semanticamente enriquecidos e interoperáveis. Nesse cenário, as ontologias são fundamentais para enfrentar esse desafio, uma vez que viabilizam a representação formal do conhecimento ao descrever conceitos, categorias e as relações existentes entre eles em um determinado domínio (International Organization for Standardization, 2021). No caso da Embrapa, a adoção de ontologias pode viabilizar desde a recuperação inteligente de informações técnicas-científicas e institucionais, até a integração de bases de dados heterogêneas, passando pelo suporte a aplicações baseadas em IA, como modelos de linguagem usados em assistentes virtuais especializados em agropecuária.

No nível organizacional, a Embrapa tem investido de forma sistemática na consolidação de uma infraestrutura de gestão da informação, com destaque para os repositórios institucionais de acesso aberto – Alice e Infoteca-e – que, desde 2011, disponibilizam publicações científicas e técnicas

à sociedade e asseguram interoperabilidade com plataformas nacionais e internacionais. Além disso, a criação de comitês gestores voltados à governança digital (Comitê de Governança Digital, CGD), à segurança da informação (CGSI e CLSI), aos repositórios (Comitê Gestor dos Re却positórios Institucionais de Acesso Aberto, CG-RIA), à governança de dados, informação e conhecimento (Comitê de Governança de Dados, Informação e Conhecimento, CG-DIC) e à gestão de recursos semânticos (Comissão Permanente de Trabalho em Vocabulários Controlados, Agroterminologias e Agrossemântica da Embrapa, GTermos) demonstra o compromisso da instituição com os princípios da ciência aberta, da transparência e da inovação orientada por dados.

Cabe destacar que a Embrapa possui em seu quadro de empregados diversos profissionais que dedicaram suas carreiras e se especializaram, empírica e academicamente, nas áreas de Gestão de Informação e Representação do Conhecimento e em domínios relacionados, o que permitiu que a instituição seja reconhecida também pela eficiência da organização e disponibilização, para a sociedade, de um volume expressivo de publicações técnicas-científicas, teses e dissertações na área de Ciência da Informação e no desenvolvimento e participação em projetos sobre o tema da governança de dados, informação e conhecimento na Empresa, como o trabalho desenvolvido no âmbito do projeto Governança de Dados e da Informação para o Conhecimento na Embrapa: Desenvolvimento de Modelo e Plano de Implantação (GovIE), que originou a Política de Gestão de Dados, Informação e Conhecimento da Embrapa (PGDIC) (Embrapa, 2025b) e algumas propostas de modelos para a Empresa, como a descrita por Pierozzi Junior et al. (2018).

Esses esforços institucionais dialogam com iniciativas internacionais consolidadas voltadas à padronização terminológica e à interoperabilidade semântica no domínio agropecuário. Entre elas, destaca-se o Agrovoc, vocabulário multilíngue e de acesso aberto coordenado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2021), reconhecido como o principal *hub*

conceptual de *Linked Data* para alimentação, agricultura e meio ambiente. Estruturado segundo os padrões Simple Knowledge Organization System (SKOS) e SKOS eXtension for Labels (SKOS-XL), o Agrovoc viabiliza a identificação unívoca e a reutilização de conceitos entre idiomas e instituições, constituindo a base terminológica global de referência (Subirats-Coll et al., 2022). Associada a ele, a Agrontology fornece o modelo formal de representação semântica em Web Ontology Language (OWL), definindo as relações hierárquicas e associativas que garantem coerência e interoperabilidade (FAO, 2025). Já o AgroPortal, desenvolvido pelo Laboratório de Informática, Robótica e Microeletrônica da Universidade de Montpellier (Laboratoire d’Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier, LIRMM – Université de Montpellier/CNRS), funciona como infraestrutura tecnológica aberta para a publicação, o alinhamento e o reúso de ontologias e vocabulários agrícolas, utilizando padrões como Resource Description Framework (RDF), OWL e SKOS (Jonquet et al., 2018).

Essas três iniciativas formam um ecossistema semântico complementar — no qual o Agrovoc fornece a base conceitual, a Agrontology formaliza sua estrutura e o AgroPortal oferece o ambiente tecnológico de interoperabilidade — que inspira e orienta o trabalho da Embrapa na consolidação de uma ontologia institucional alinhada a padrões internacionais e aos princípios FAIR (acrônimo formado pelas palavras em inglês *Findability, Accessibility, Interoperability, and Reuse*, Localizabilidade, Acessibilidade, Interoperabilidade e Reutilização) de gestão de dados e conhecimento.

A partir de todas essas iniciativas, importantes, mas muitas vezes desarticuladas entre si e dispersas na instituição, adotamos como estrutura analítica de referência as dez dimensões descritas por Osman et al. (2022), resultante de uma revisão de ferramentas de gestão do conhecimento baseadas em ontologias. Os autores sintetizam dez dimensões analíticas e propõem um conjunto de componentes e funções para uma ferramenta ideal (*ideal ontology-based KM tool*), descrevendo elementos estruturais e funcionais — como aquisição, processamento, armazenamento, compartilhamento e recuperação semântica do conhecimento —.

Esse modelo serve de base conceitual para avaliar e orientar os esforços da Embrapa rumo à construção de uma ontologia institucional integrada e evolutiva. Embora as dimensões tenham sido originalmente formuladas para comparar funcionalidades e características técnicas de

sistemas ontológicos, elas se mostraram úteis como referencial para organizar a reflexão institucional sobre as condições e os desafios da Empresa em direção a uma gestão semântica do conhecimento. Assim, as dimensões foram reinterpretadas e adaptadas ao contexto organizacional, funcionando como uma lente prática para mapear tanto lacunas quanto iniciativas já existentes.

Cabe ressaltar que este texto não apresenta resultados científicos, mas constitui um relato de trabalhos correntes conduzidos pelo GTermos, com o propósito de sistematizar avanços obtidos e indicar próximos passos na consolidação de uma ontologia institucional para a Embrapa.

As dimensões — motivação, domínio, fonte do conhecimento, tipo de conhecimento, extração, inserção, recuperação, compartilhamento, componentes ontológicos e metodologia — foram aplicadas como eixos descritivos para examinar o cenário atual da Embrapa. Em cada uma delas, buscou-se identificar exemplos de práticas em andamento, desafios enfrentados e oportunidades de estruturação conceitual. A proposta é que esse exercício funcione como ponto de partida para futuras iniciativas de modelagem ontológica na Embrapa, contribuindo para uma governança mais integrada e interoperável da informação técnico-científica e dos recursos institucionais de dados.

2. Motivação: desafios e objetivos organizacionais que justificam o uso de ontologias

A Embrapa desempenha um papel estratégico na geração de conhecimento agropecuário, em especial para a produção agropecuária nos trópicos. Portanto, a motivação central está na necessidade de organizar, padronizar e integrar o conhecimento agropecuário gerado em suas diferentes unidades e áreas temáticas, promovendo reúso, interoperabilidade e suporte à inovação aberta. O crescimento dos repositórios institucionais e a adesão aos princípios FAIR (Wilkison et al., 2016) ampliam essa demanda. Entre os principais desafios a serem superados estão a fragmentação do conhecimento institucional, com conteúdos distribuídos em sistemas e documentos não interligados; a dificuldade de recuperação e navegação por informações relevantes; e a baixa

interoperabilidade entre bases e plataformas. Há também perdas associadas ao conhecimento tácito ou não registrado, especialmente em áreas técnicas e experimentais, além do uso de vocabulários não harmonizados entre domínios e contextos distintos. Outros pontos críticos incluem a falta de uma organização conceitual para novos campos emergentes, como agricultura digital e bioeconomia, e a dificuldade de rastrear e reutilizar dados e publicações científicas. A ausência de padrões comuns e o uso limitado de estruturas semânticas dificultam o alinhamento com práticas globais de representação e compartilhamento do conhecimento.

Diante desse desafio, a Embrapa instituiu o GTermos – Comissão Permanente de Trabalho em Vocabulários Controlados, Agroterminologias e Agrossemântica da Embrapa –, em 28 de maio de 2019 (Embrapa, 2019), atualizado em 10 de fevereiro de 2025 (Embrapa, 2025a), que tem como objetivos:

- i) Sistematização metodológica e estruturação tecnológica para concepção, construção, gestão e aplicação do Agrotermos – espaço conceitual do conhecimento agropecuário –, integrando-o aos processos corporativos de gestão de dados, informação e conhecimento da Empresa.
- ii) Desenvolvimento, alinhamento, integração e implantação de ferramentas tecnológicas e semânticas para suporte aos processos de concepção, construção, gestão e aplicação das bases de dados agroterminológicas e dos sistemas de organização do conhecimento agropecuário.
- iii) Proposta de concepção e implantação de um processo corporativo em concordância e sob custódia das instâncias organizacionais (gerenciais, normativas, processuais) implicadas na temática em questão.
- iv) Disponibilização e operação das metodologias e tecnologias de suporte e automatização das etapas do processo.

O Agrotermos é, portanto, a plataforma para a organização, preservação, qualificação e oferta de dados terminológicos gerados pela Embrapa. O GTermos também atende a curadoria da variante brasileira da língua portuguesa no Agrovoc, vocabulário controlado da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (Food and Agriculture Organization, FAO), conforme

demandas dos editores desse recurso multilíngue e internacional de representação do conhecimento agropecuário e de áreas afins.

Mais recentemente, em 2023, foi criada a Rede GO FAIR Agro, com a missão de “articular pessoas e instituições e colaborar para o compartilhamento e o reúso dos dados produzidos no âmbito dos sistemas produtivos agropecuários e oriundos de pesquisas em Ciências Agrárias” (Drucker et al., 2023). Um de seus grupos de trabalho é o GT Ontologias, que está empenhado em mapear, organizar, sistematizar e divulgar os conhecimentos, produtos e metodologias sobre ontologias para o domínio da Agropecuária.

3. Domínio: campo temático de atuação da ontologia

O domínio, no caso da Embrapa, é multidisciplinar e heterogêneo, centrado em pesquisa e desenvolvimento agropecuário, que abrange áreas como Agronomia, Engenharia Agrícola, Engenharia Florestal, Engenharia de Pesca, Medicina Veterinária, Zootecnia, Genética, Agroindústria, Biotecnologia, Ciência e Tecnologia de Alimentos, Agricultura Digital, Sustentabilidade, entre muitas outras. Exemplos da diversidade de temáticas e das necessidades de organização conceitual em torno delas podem ser ilustrados por iniciativas como as de Souza et al. (2021) sobre a terminologia para catalogação de dados ômicos e de Telles et al. (2021) sobre o tema integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Esta diversidade de campos do conhecimento trabalhados na Embrapa também fica explícita pela consulta à página que dá acesso às publicações geradas e catalogadas pelas bibliotecas da instituição: <https://www.embrapa.br/publicacoes-e-bibliotecas>.

A variedade de domínios dentro da pesquisa agropecuária traz em si complexidade para o desenvolvimento de soluções ontológicas ou para o mapeamento e registro dos conceitos em torno de cada temática.

4. Tipo de conhecimento: explícito (formalizado em documentos e bases) ou tácito (experiência e prática não codificada)

As principais fontes de conhecimento da Embrapa incluem relatórios técnicos, publicações técnicas, publicações científicas, notas técnicas e relatórios que fomentam as decisões nos níveis institucional, estratégico e governamental, dados experimentais, imagens geoespaciais, sensores, vídeos, bancos de dados internos e materiais de extensão.

A Embrapa possui um vasto acervo de publicações técnico-científicas — cerca de 900 mil registros, conforme dados institucionais do Sistema Embrapa de Bibliotecas (Embrapa, 2025c). Parte expressiva desse acervo encontra-se organizada em repositórios digitais de acesso aberto, como Alice, o repositório de acesso livre à informação científica da Embrapa (Gonzales et al., 2015a), e a Infoteca, o repositório de acesso livre à informação tecnológica da Embrapa (Gonzales et al., 2015b) —, que atualmente reúnem aproximadamente 195 mil itens disponíveis publicamente.

Além desses repositórios, há bases de dados e sistemas de informação especializados, como o Alelo (Ianella et al., 2016), o GeoInfo (Drucker et al., 2017), o SiExp (Vacari et al., 2016) e o Redape (Ricci et al., 2024). Contudo, considerando a capilaridade da distribuição de seus centros de pesquisa, bem como as particularidades dos biomas e sistemas de produção ao longo do território brasileiro, sabe-se que há conhecimento especializado acumulado em projetos e redes colaborativas que nem sempre está sistematizado.

Há também conhecimento tácito distribuído entre Unidades centrais e descentralizadas e seus especialistas. A este respeito, existe a preocupação com a explicitação deste conhecimento, especialmente no momento em que a Empresa passa por uma transição geracional, muitos empregados estão se aposentando e cerca de mil novos serão contratados após a realização do mais recente concurso público.

5. Extração de conhecimento: métodos usados para extrair informações relevantes

Diante dos diversos tipos de conhecimento existentes (técnico, científico, empírico ou institucional), que podem estar disponíveis de forma estruturada ou não, a extração pode ser feita manualmente, por meio de entrevistas com especialistas ou análises documentais, ou de forma automática, por meio de métodos de processamento de linguagem natural (PLN), mineração de texto em relatórios e publicações, análise de metadados existentes nos repositórios, alinhamento conceitual com fontes externas como o Agrovoc, entre outros.

Os processos de entrada de conhecimento envolvem tanto iniciativas formalizadas em projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação no contexto do Sistema Embrapa de Gestão (SEG) quanto demandas institucionais articuladas por comitês e áreas técnicas. Dois exemplos ilustrativos são os projetos CRÍTiC@ e Infopasto, que, embora distintos em escopo e temática, compartilham preocupações metodológicas com a estruturação de dados e a representação do conhecimento.

O projeto CRÍTiC@ – Compilação e Recuperação de Informações Técnico-científicas e Indução ao Conhecimento de forma Ágil na Rede AgroHidro – (2013–2017) teve como foco a organização do conhecimento sobre recursos hídricos, integrando especialistas da área com profissionais de ciência da Embrapa. A entrada de conhecimento foi feita a partir de um *corpus* textual delimitado pelos próprios especialistas, composto por documentos da Embrapa (repositórios Alice e Infoteca) e fontes externas, como topônimos extraídos de arquivos *shapefile* da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) (rios e cursos d'água) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (biomas e divisões geopolíticas). Esses dados passaram por processos de limpeza, padronização em XML, extração automática e semiautomática de termos, metadados e padrões temáticos. O projeto utilizou técnicas híbridas de mineração de textos e validação por domínio para alimentar ontologias e glossários, e permite recuperar e cruzar informações técnico-científicas em nível semântico (Moura et al., 2021).

Já o projeto Infopasto – Gestão da informação e do conhecimento como suporte à gestão estratégica do Portfólio de Pastagens – teve como

meta mapear e organizar o conhecimento sobre degradação e recuperação de pastagens. A entrada de conhecimento baseou-se em artigos científicos indexados em bases como a Web of Science, que foram analisados com foco na identificação de recomendações técnicas. O processo enfrentou desafios relacionados à extração de informações implícitas, como a contextualização das recomendações quanto a solo, clima e tipo de forrageira. Esse trabalho demonstrou a necessidade de ferramentas semânticas para superar ambiguidades terminológicas e heterogeneidade dos dados textuais e promover a recuperação orientada a contexto.

Além de projetos pontuais como os citados, é certo que, a todo tempo, no âmbito da gestão da Empresa e em cada projeto de pesquisa e desenvolvimento, são feitas extrações de conhecimento de algum tipo que não estão, no entanto, sistematizadas de forma que possam ser facilmente acessadas e reutilizadas com agilidade em processos de decisão ou na geração de novas pesquisas e, consequentemente, de inovação.

Atualmente, no âmbito do GTermos, são utilizadas técnicas de PLN e de alinhamento e mapeamento entre vocabulários, para a extração, validação e organização dos recursos semânticos em torno do domínio agropecuário.

6. Processo de inserção de conhecimento: fluxos de entrada do conhecimento nas ferramentas ontológicas

A entrada para construção de ontologias inclui dados internos (documentos, bases de dados legados) e externos (vocabulários controlados e padrões internacionais). A seleção deve considerar relevância, frequência de uso e potencial de integração.

A Embrapa conduz processos de entrada e curadoria de conhecimento sob demanda institucional. Mais recentemente, em uma nova fase de organização dos processos de gestão terminológica, a Embrapa tem avançado para a proposição e experimentação de ferramentas tecnológicas voltadas à extração, estruturação e curadoria de vocabulários especializados. Entre as tecnologias em avaliação, destacam-se

o ElasticSearch¹, utilizado para indexação e busca textual avançada em *corpora* técnicos, e o VocBench², uma plataforma de código aberto para edição e publicação colaborativa de vocabulários controlados e ontologias. Essas ferramentas integram-se de forma complementar ao processo de inserção de conhecimento, ao permitirem, respectivamente, a análise linguística de *corpora* setoriais e a modelagem estruturada de termos, conceitos e relações semânticas.

No contexto da Linguística Aplicada e da Ciência da Informação, o uso de ferramentas como ElasticSearch para a análise de *corpora* temáticos é uma prática consolidada em atividades de construção de glossários, extração terminológica e análise de frequência e co-ocorrência lexical. Os *corpora* em uso na Embrapa atualmente refletem áreas específicas do conhecimento agropecuário, e têm servido de base para a identificação de termos candidatos, contextos de uso e agrupamentos conceituais preliminares. Já o VocBench tem sido avaliado como alternativa institucional para a edição colaborativa de vocabulários técnico-científicos, com controle de versões, associação de metadados, apontamento de equivalências terminológicas e publicação interoperável.

Essas ferramentas oferecem suporte técnico para a extração automatizada de termos e para a construção estruturada de modelos conceituais editáveis por especialistas. Sua adoção em caráter experimental representa um passo importante na transição de processos baseados em arquivos e glossários manuais para fluxos mais dinâmicos, reusáveis e alinhados a boas práticas de curadoria semântica e Ciência Aberta.

7. Processo de recuperação de conhecimento: como os usuários acessam e utilizam o conhecimento estruturado

Na Embrapa, a recuperação do conhecimento estruturado ainda é majoritariamente baseada em mecanismos tradicionais de busca textual, como

⁽¹⁾ <https://www.elastic.co/elasticsearch>

⁽²⁾ <https://vocbench.uniroma2.it>

os disponíveis nos repositórios institucionais Alice e Infoteca-e. No entanto, diferentes iniciativas têm buscado ampliar as possibilidades de recuperação semântica, por meio da organização conceitual dos dados e da adoção de vocabulários padronizados.

Nesse contexto, destaca-se a parceria com o AgroPortal³ (Telles et al., 2024), uma iniciativa internacional de referência em publicação e acesso a ontologias no domínio agrícola. O AgroPortal fornece uma plataforma web que permite visualizar, consultar, comparar e reutilizar ontologias, com suporte a APIs, anotações semânticas e funcionalidades como navegação hierárquica, busca por termos preferenciais e alternativos, mapeamentos entre ontologias e serviços de anotação automática de textos. A publicação de vocabulários da Embrapa no AgroPortal favorece a recuperação estruturada do conhecimento por meio de conceitos, e não apenas por palavras-chave, além de promover a interoperabilidade com repositórios e sistemas de terceiros.

Essa iniciativa amplia as formas de acesso ao conhecimento técnico-científico e fortalece o alinhamento da Embrapa com os princípios de ciência aberta e reuso de informação. Além disso, permite que os produtos terminológicos da Empresa (como glossários e tesouros setoriais) possam ser explorados por meio de interfaces semânticas, tanto por usuários internos quanto por agentes externos da cadeia agropecuária, da pesquisa e da formulação de políticas públicas.

8. Tecnologia de compartilhamento de conhecimento: plataformas e mecanismos que permitem o compartilhamento do conhecimento estruturado

A Embrapa já dispõe de ferramentas que podem ser estendidas com interfaces ontológicas, APIs semânticas e integração com catálogos abertos nacionais e internacionais.

⁽³⁾ <https://agroportal.lirmm.fr/>

A Embrapa mantém uma infraestrutura institucional para disponibilizar e disseminar conhecimento estruturado, seja na forma de publicações científicas, informações tecnológicas, dados de sensores utilizados em pesquisas, dados geoespaciais ou indicadores institucionais.

Entre os principais componentes dessa infraestrutura destacam-se os repositórios digitais e respectivos sistemas de informação para o registro das publicações:

- Ainfo – sistema de informação para gestão de acervos impressos e digitais de bibliotecas, que inclui todas as fases do fluxo de tratamento da informação, desde o registro das publicações, movimentações (aquisição, empréstimos, devoluções, reservas, inventário), até sua disposição aos usuários por meio de uma avançada interface de buscas (Gonzales et al., 2015a).
- Alice⁴ – repositório institucional de acesso aberto a publicações científicas da Embrapa, com recursos de interoperabilidade por meio de protocolo Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting (OAI-PMH) e de interfaces de programação de aplicações (APIs).
- Agrotermos – espaço conceitual do conhecimento agropecuário.
- Infoteca-e⁵ – repositório voltado ao compartilhamento de publicações tecnológicas com foco em públicos diversos, com recursos de interoperabilidade por meio de protocolo OAI-PMH e APIs.
- Sabiia⁶ – sistema integrador que permite acesso federado a diferentes bases, e promove interoperabilidade com fontes externas.
- BDPA (Base de Dados da Pesquisa Agropecuária)⁷ – plataforma que agrupa e estrutura a produção científica e tecnológica da Empresa, organizada por centros, temas e produtos.
- GeolInfo⁸ – infraestrutura de dados espaciais (IDE) que compartilha mapas, camadas

⁽⁴⁾ <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice>

⁽⁵⁾ <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca>

⁽⁶⁾ <https://www.sabiia.cnptia.embrapa.br>

⁽⁷⁾ <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br>

⁽⁸⁾ <https://www.embrapa.br/geoinfo>

vetoriais, metadados e serviços do Open Geospatial Consortium (OGC), conectando informações territoriais com dados de pesquisa.

- Plataforma Alelo Recursos Genéticos⁹ – sistemas e recursos de tecnologia da informação voltados à documentação e gestão de atividades de conservação de recursos genéticos animais, microbianos e vegetais de interesse para pesquisa, desenvolvimento e inovação agropecuária.
- Quaesta – sistema de apoio à avaliação institucional, que consolida e disponibiliza indicadores, projetos e produtos da Empresa em ambiente padronizado.
- Redape – Repositório de Dados de Pesquisa da Embrapa¹⁰, que compartilha arquivos de

dados associados aos metadados que os descrevem.

- SiExp – Sistema de Informação de Experimentos da Embrapa¹¹, que organiza os dados experimentais em uma base estruturada, inteligível e acessível conforme regras da Empresa.

Embora os processos de recuperação (seção 7) e de compartilhamento de conhecimento estejam intimamente relacionados, eles desempenham papéis distintos dentro de um ecossistema informacional. A recuperação diz respeito à forma como o usuário acessa, busca e interage com o conhecimento já estruturado, e envolve mecanismos como navegação por conceitos, filtros semânticos, buscas por similaridade ou inferência. Já o compartilhamento refere-se à infraestrutura tecnológica e institucional que torna esse conhecimento disponível, seja por meio de repositórios digitais, serviços web ou protocolos de

⁽⁹⁾ <https://alelo.cenargen.embrapa.br>

⁽¹⁰⁾ <https://www.redape.dados.embrapa.br>

⁽¹¹⁾ <https://www.siexp.cnptia.embrapa.br>



Figura 1. Integração dos sistemas e repositórios da Embrapa a partir da mediação semântica do AgroTermos.

interoperabilidade. Na prática, muitas plataformas exercem ambas as funções simultaneamente, o que pode gerar uma percepção de sobreposição. No entanto, a distinção entre interface de acesso (recuperação) e sistema de disponibilização (compartilhamento) é fundamental para o desenho de estratégias de governança e integração do conhecimento.

A Figura 1 ilustra esta problemática e também apresenta o Agrotermos como o meio para a integração dos dados e informações dos repositórios e sistemas apresentados. Por isso, a proposta é a evolução para uma navegação e recuperação da informação por recursos semânticos mais robustos (e não só por palavras-chave).

9. Fonte dos componentes ontológicos: bases utilizadas para construir ou ampliar a ontologia (vocabulários existentes, padrões internacionais, glossários técnicos)

No caso da Embrapa, os principais insumos conceituais para a construção de modelos ontológicos provêm de vocabulários existentes e glossários técnicos já consolidados, tanto internacionais quanto nacionais. A Empresa atua como mantenedora oficial da versão em português do Brasil no Agrovoc¹², o vocabulário multilíngue da FAO, e vem trabalhando na articulação desse recurso com o Thesagro¹³, vocabulário controlado desenvolvido no contexto brasileiro pela Biblioteca Nacional de Agricultura (Binagi), do Ministério da Agricultura. Essas duas fontes são consideradas pilares iniciais para a estruturação de uma base ontológica comum voltada ao setor agropecuário.

Contudo, a experiência institucional revela que essas fontes, embora relevantes, não são suficientes para representar a especificidade da agricultura tropical brasileira. Muitas das práticas, cultivares, produtos, agentes e categorias utilizadas no Brasil não estão contempladas nos vocabulários

internacionais. Por exemplo, o termo “boi gordo”, amplamente utilizado no mercado agropecuário nacional e cotado em bolsas de valores como *commodity*, não tem equivalente semântico direto no Agrovoc. O mesmo ocorre com cultivares e espécies regionais de pimentas nativas do Brasil, como pimenta-malagueta, pimenta-biquinho ou murupi, não são representadas com precisão nas ontologias internacionais mais utilizadas.

Diante desse cenário, a Embrapa vem estruturando o Agrotermos, uma iniciativa institucional que busca combinar e ampliar as fontes existentes. O Agrotermos se propõe a reunir os termos em português do Agrovoc, os vocábulos do Thesagro, e terminologias próprias da Embrapa, organizadas a partir de glossários técnicos, repositórios institucionais e projetos temáticos. Entre os insumos considerados para essa ampliação estão nomes de cultivares registradas pela Embrapa, sistemas de produção agropecuários, conhecimentos tradicionais associados, topônimos rurais, recursos genéticos, biomas brasileiros, além de práticas de manejo específicas desenvolvidas em contextos regionais.

10. Metodologia ontológica: abordagens adotadas para construir, validar e manter a ontologia

A Embrapa ainda não dispõe de uma ontologia institucional formalizada para representar de forma integrada o conhecimento agropecuário brasileiro. No entanto, a Empresa acumula um histórico relevante de iniciativas de curadoria semântica e organização terminológica, que constituem uma base sólida para o desenvolvimento futuro de ontologias institucionais.

Essa experiência vem sendo fortalecida por projetos e ações institucionais de escopo mais específico, como os já citados CRÍTiC@ e Infopasto, que mobilizaram especialistas para identificar termos relevantes e estruturar conceitos extraídos de documentos técnicos. Além disso, iniciativas como a elaboração de glossários temáticos para eventos internacionais, a exemplo do *Glossário*

⁽¹²⁾ <https://agrovoc.fao.org>

⁽¹³⁾ <https://sistemas.agricultura.gov.br/tematres/vocab>

sobre agricultura e mudança climática¹⁴ em português voltado à preparação da Embrapa para a COP30, demonstram a capacidade da instituição de organizar recursos linguísticos e conceituais em torno de temas estratégicos emergentes.

Ainda que não haja, até o momento, uma metodologia ontológica institucional unificada, essas experiências indicam um caminho possível para o desenvolvimento de ontologias específicas ou setoriais. O desafio atual é transformar esse conjunto de ativos semânticos dispersos em uma arquitetura mais estruturada. A adoção progressiva de ferramentas como o VocBench, o uso de corpora especializados para extração terminológica, e a articulação com portais ontológicos, como o AgroPortal, contribuem para criar um ambiente propício à construção colaborativa e sustentável de ontologias da Embrapa.

11. Conclusão

A discussão apresentada neste trabalho indica que a adoção de ontologias constitui um caminho necessário e estratégico para o enfrentamento dos desafios persistentes na gestão do conhecimento agropecuário na Embrapa. A complexidade dos dados e informações produzidos, a diversidade de domínios temáticos e a fragmentação das fontes institucionais impõem limites concretos à recuperação, integração e reutilização dos conteúdos técnico-científicos gerados pela Empresa. Nesse contexto, as ontologias oferecem uma possibilidade metodológica para estruturar e conectar esse conhecimento de forma mais coerente e interoperável.

Ainda que a Embrapa não tenha, até o momento, uma ontologia institucional formalmente definida, há iniciativas que apontam para uma trajetória possível. Projetos como CRÍTiC@ e Infopasto, a atuação na curadoria da versão em português do Agrovoc e a proposta do Agrotermos evidenciam esforços localizados — ainda que muitas vezes não coordenados — de organização terminológica e curadoria semântica. Essas experiências constituem uma base importante, mas que precisa ser conectada por uma estratégia comum.

A Empresa está atualmente em fase de definição de fluxos e diretrizes para a gestão terminológica, o

que pode abrir espaço para uma abordagem mais sistemática da modelagem conceitual. A adoção de ferramentas como o VocBench e o ElasticSearch, mesmo que ainda em fase exploratória, sugere uma disposição institucional para avançar nesse campo. No entanto, esse processo ainda carece de clareza metodológica, articulação entre áreas e mecanismos de validação e manutenção dos recursos produzidos.

A partir da análise das dez dimensões propostas por Osman et al. (2022), foi possível mapear lacunas e identificar caminhos para estruturar uma abordagem ontológica na Embrapa, ancorada em práticas já existentes e em ferramentas em fase de testes. O exercício permitiu evidenciar tensões entre iniciativas técnicas e arranjos institucionais, bem como reconhecer oportunidades para melhor integrar processos de extração, inserção, recuperação e compartilhamento de conhecimento. Os próximos passos incluem o avanço nas propostas do GTermos, a articulação com o GT Ontologias da Rede GO FAIR Agro e a realização de projetos-piloto em ambientes reais da Empresa, de modo a testar fluxos, ferramentas e modelos colaborativos.

Consolidar uma abordagem ontológica na Embrapa não depende apenas de infraestrutura tecnológica, mas de decisões institucionais sobre governança, prioridades e alocação de esforços. O alinhamento com iniciativas de ciência aberta, interoperabilidade e gestão de dados pode servir de base para esse processo, desde que acompanhado de avaliação crítica, envolvimento de especialistas e abertura à experimentação. Ontologias não devem ser vistas como uma solução única ou universal, mas como um recurso complementar que, se bem integrado às práticas da organização, pode contribuir para qualificar o uso da informação e do conhecimento no campo da pesquisa agropecuária.

12. Referências

- DRUCKER, D. P.; CRUZ, S. M. S. da; TELLES, M. A.; FERREIRA, A. P. L.; CORRÊA, F. E.; BERTIN, P. R. B.; MARASSI, L.; AQUINO, K.; BEZERRA, G.; CRUZ, P. V.; SOARES, F. M. Desdobramentos da implementação da Rede GO FAIR Agro Brasil no biênio 2021-2023. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 14., 2023, Natal. *Anais [...]*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2023. p. 286-293. SBIAgro 2023.

- DRUCKER, D. P.; PINTO, D. M.; FIDALGO, E. C. C.; CUSTÓDIO, D. de O.; VICTORIA, D. de C.; ALMEIDA, B. T. de; SIMÕES, M.; MACHADO, C. R. de L.; SANTOS,

⁽¹⁴⁾Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1181164/1/Glossario-agricultura-mudanca-climatica-2025.pdf>

V. V. dos; DART, R. de O.; AGLIO, M. L. D.; RASCHE, F.; LAFORET, M. R. C.; BETTIOL, G. M.; PEREIRA, S. E. M.; BRANDÃO, Z. N.; GARRASTAZU, M. C.; FILIPPINI ALBA, J. M.; COSTA, F. A. da; TORRES, R. C.; DOMPIERI, M. H. G.; SAMPAIO, S. M. N.; MARTINS, E. C.; PIEROZZI JUNIOR, I.; SILVA, G. B. S. da; GALINARI, G.; FIORINI, F. B.; TAKEMURA, C. M.; CRUZ, S. A. B. da; HOLLER, W. A.; OLIVEIRA, L. H. M. de. GeoInfo – infraestrutura de dados espaciais abertos para a pesquisa agropecuária. **Reciis: Revista Eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde**, Rio de Janeiro, v. 11, p. 1-17, 2017.

EMBRAPA. Portaria nº 678, de 10 de junho de 2019. Instituiu a Comissão Permanente de Trabalho em Vocabulários Controlados, Agroterminologias e Agrossemântica da Embrapa – GTermos. **Boletim de Comunicações Administrativas**, 27, 10 jun. 2019.

EMBRAPA. Portaria nº 169, de 10 de fevereiro de 2025. Instituiu a Comissão Permanente de Trabalho em Vocabulários Controlados, Agroterminologias e Agrossemântica da Embrapa – GTermos. **Boletim de Comunicações Administrativas**, 5, 10 fev. 2025a.

EMBRAPA. RC nº 184 de 4 de abril de 2019. **Política de Governança de Dados, Informação e Conhecimento da Embrapa**. Disponível em <https://www.embrapa.br/politica-de-governanca-de-dados-informacao-e-conhecimento>. Acesso em: 11 jul. 2025b.

EMBRAPA. Sistema Embrapa de Bibliotecas (SEB). **Acervo**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/seb/acervo>. Acesso em: 10 out. 2025c.

FAO. Agrovoc – Semantic data interoperability on food and agriculture. Roma: FAO, 2021. 72 p.

FAO. AgrOntology. Roma: FAO, [s.d.]. Disponível em: <https://aims.fao.org/agrontology>. Acesso em: 10 out. 2025.

GONZALES, L. E.; VISOLI, M. C.; PONTES, S. D. de C. L. D.; OKAWACHI, M. F.; LEITE, F. C. L.; SIMÃO, V. P. M.; VACARI, I. **Repositório Acesso Livre à Informação Científica da Embrapa - Alice**. Versão 1.5. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2015a. 1 CD-ROM.

GONZALES, L. E.; VISOLI, M. C.; LEITE, F. C. L.; PONTES, S. D. de C. L. D.; OKAWACHI, M. F.; SIMÃO, V. P. M.; VACARI, I. **Informação Tecnológica em Agricultura - Infoteca-e**. Versão 1.5. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2015b. 1 CD-ROM.

IANELLA, P.; CAJUEIRO, E. V. de M.; MARIANTE, A. da S.; PAIVA, S. R. Uso do sistema Alelo Animal (animal GRIN) na documentação de recursos genéticos animais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 4., 2016, Curitiba. **Recursos genéticos no Brasil: a base para o desenvolvimento sustentável**: anais. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2016.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/IEC 21838-1: Information technology — Top-level ontologies (TLO) — Part 1: Requirements**. Switzerland, 2021.

JONQUET, C.; TOULET, A.; ARNAUD, É.; AUBIN, S.; DZALE YEUMO, E.; EMONET, V.; PESCE, V.; LARMANDE, P.; GRAYBEAL, J.; MUSEN, M. A. AgroPortal: a vocabulary and ontology repository for agronomy. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 144, p. 126-143, 2018. DOI: 10.1016/j.compag.2017.10.012.

MOURA, M. F.; EVANGELISTA, S. R. M.; PIEROZZI JUNIOR, I.; GONZALES, L. E.; VAZ, G. J.; TAKEMURA, C. M.; RODRIGUES, L. N.; PELLEGRINO, G. Q.; OLIVEIRA, S. R. de M.; BASSOI, L. H. Compilação e recuperação de informações técnico-científicas e indução ao conhecimento de forma ágil na Rede AgroHidro - CRITIC@. In: SOTTA, E. D.; SAMPAIO, F. G.; MARZALL, K.; SILVA, W. G. da (org.). **Estratégias de adaptação às mudanças do clima dos sistemas agropecuários brasileiros**. Brasília, DF: MAPA, 2021. p. 98-99.

OSMAN, M. A.; MOHD NOAH, S. A.; SAAD, S. Ontology-Based Knowledge Management Tools for Knowledge Sharing in Organization — a review. **IEEE Access**, v. 10, p. 43267-43283, 2022. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3163758.

PIEROZZI JUNIOR, I.; BERTIN, P. R. B.; MACHADO, C. R. de L.; SILVA, A. R. da. Towards semantic knowledge maps applications: modelling the ontological nature of data and information governance in a R&D organization. In: THOMAS, C. (ed.). **Ontology in information science**. Rijeka: InTech, 2018. chap. 4, p. 83-104.

RICCI, N. G.; DRUCKER, D. P.; MACARIO, C. G. do N.; SIMAO, V. P. M.; FORTALEZA, J. M.; BERTIN, P. R. B.; SILVA, A. R. da. Análise dos conjuntos de dados depositados no Repositório de Dados de Pesquisa da Embrapa (Redape). In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18., 2024, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: Instituto Agronômico (IAC), 2024. 10 p.

SOUZA, M. I. F.; VISOLI, M. C.; OSAWA, C. C.; GIACCHETTO, P. F.; FALCAO, P. R. K.; TORRES, T. Z.; SILVA, A. R. da. **Termos técnicos úteis na catalogação de datasets ômicos no Repositório de Dados de Pesquisa da Embrapa**: uma compilação de definições. Campinas: Embrapa Agricultura Digital, 2021. 80 p. (Embrapa Agricultura Digital. Documentos, 177).

TELLES, M. A.; JONQUET, C.; ALMEIDA, B. T. de; DALTO, J.; TAKEMURA, C. M.; OLIVEIRA, L. H. M. de; ALENCAR, M. de C. F. **Embrapa's contributions to integrate Brazilian agricultural vocabularies: Agrotermos in AgroPortal**. CEUR Workshop Proceedings,

v. 3905, 2024. 5 p. Edition of the proceedings 17th Seminar on Ontology Research in Brazil (ONTOBRAS 2024) and 8th Doctoral and Master's Consortium on Ontologies (WTDO 2024), Vitória, 2024.

TELLES, M. A.; PIEROZZI JUNIOR, I.; COIMBRA, E. C.; CORADINI, M. C.; TURCI, P. H.; ALENCAR, M. de C. F.; RASCHE, F. (ed.). **Glossário ILPF**: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta = ICLF Glossary: Integrated Crop-Livestock-Forestry = Glosario ILPF: Integración Agricultura-Ganadería-Bosque Colombo: Embrapa Florestas, 2021. 82 p. il. color. (Embrapa Florestas. Documentos, 350).

SUBIRATS-COLL, I.; KOLSHUS, K.; TURBATI, A.; STELLATO, A.; MIETZSCH, E.; MARTINI, D.; ZENG,

M. L. AGROVOC: the linked data concept hub for food and agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 196, 105965, 2022. DOI: 10.1016/j.compag.2020.105965.

VACARI, I.; APOLINÁRIO, D. R. de F.; QUEIROZ, L. R. **Um estudo sobre a adoção de APIs**: caso do Sistema de Informação de Experimentos da Embrapa (SIExp). Campinas: Embrapa informática Agropecuária, 2016. 7 p. (Embrapa informática Agropecuária. Comunicado Técnico, 123).

WILKINSON, M. D. et al. The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship. **Scientific Data**, London, v. 3, p. 1-9, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>. Acesso em: 22 jul. 2025.