

ARTIGO ORIGINAL

Revisão sistemática da literatura sobre ontologias para modelos de negócio e processos na pecuária de corte

A systematic literature review on ontologies for livestock production business models and processes

Matheus Collares Machado¹ and Ana Paula Lüdtke Ferreira ¹

¹Universidade Federal do Pampa

*{matheusmachado.aluno,anaferreira}@unipampa.edu.br

Recebido: 30/04/2022. Revisado: 13/06/2022. Aceito: 20/07/2022.

Resumo

Ontologias são representações de conceitos e de seus relacionamentos, com sintaxe e semântica formalmente descritas. Modelos de negócio formam o arcabouço para teste de viabilidade e resultados econômicos de empreendimentos. A descrição de um modelo de negócio como uma ontologia permite tanto a inferência de conhecimento sobre o negócio quanto gerar e combinar modelos na forma de aplicações de software. Este trabalho conduz um protocolo de revisão sistemática da literatura a respeito de ontologias com foco em modelos de negócio e em processos produtivos da pecuária. O objetivo do trabalho foi identificar recursos já construídos e elucidar a sua forma de utilização. Os resultados mostram que existem poucas iniciativas na primeira área e nenhuma na segunda, caracterizando oportunidades para novos desenvolvimentos científicos e tecnológicos.

Palavras-Chave: Agricultura digital; inferência; métodos formais; modelagem conceitual

Abstract

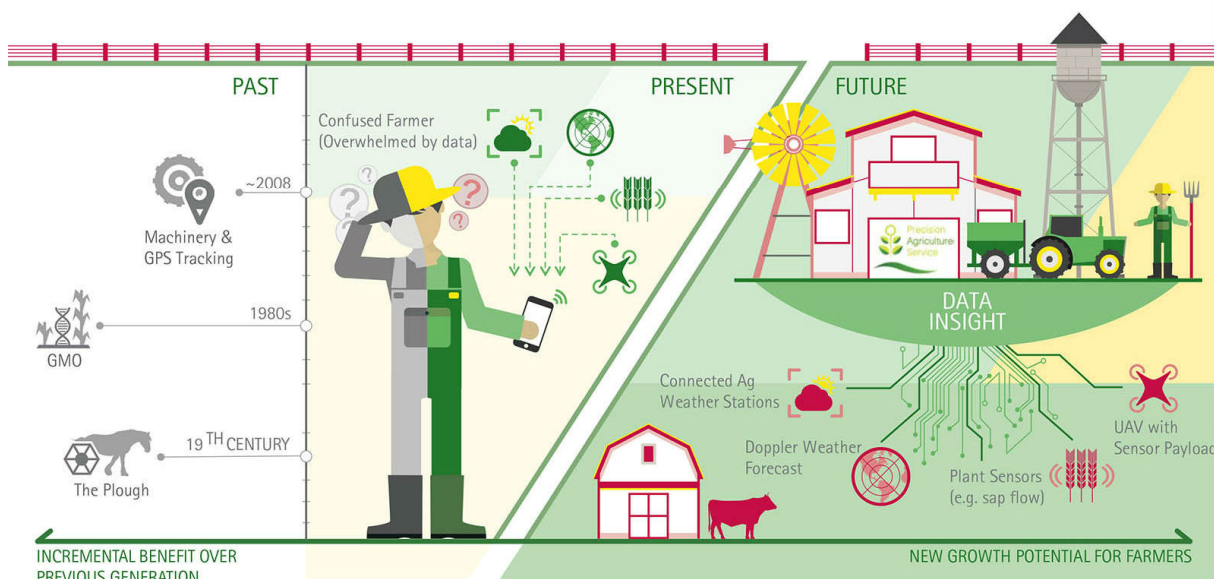
Ontologies are representations of concepts and their relationships, with both syntax and semantics formally described. Business models form the framework for testing enterprises' feasibility and financial results. The description of a business model as an ontology allows the inference of knowledge about the business as well as the generation and combination of models to build software applications. This work conducts a protocol for a systematic review of the literature on ontologies, focusing on business models and processes in livestock production systems. The main goal was to identify resources already built and elucidate their use. The results show few initiatives in the former and none in the latter, characterizing opportunities for exploring new scientific and technological developments.

Keywords: Conceptual modelling; digital agriculture; formal methods; reasoning

1 Introdução

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA – <http://www.agricultura.gov.br/>) informa que o valor bruto da produção Agropecuária brasileira em 2021 foi de R\$ 1,129 trilhão, dividido entre Agricultura (R\$ 768,4 bilhões) e Pecuária (R\$ 360,8 bilhões). As exportações bra-

sileiras do setor, no mesmo período, somaram US\$ 120,59 bilhões, totalizando 43% das exportações brasileiras. O país tem um rebanho bovino com cerca de 252,7 milhões de cabeças, destinado majoritariamente à pecuária de corte. O setor agropecuário do Brasil emprega cerca de 18,9 milhões de pessoas, segundo dados levantados pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, da ESALQ/USP



Fonte: Accenture (www.accenture.com)

Figura 1: Evolução da agricultura e confusão semântica

(<https://www.cepea.esalq.usp.br>), o que corresponde a cerca de 8,9% da população do país ou 20,3% da população economicamente ativa. Os números impressionam, tanto pelo volume de recursos movimentados quanto pela quantidade de pessoas envolvidas.

A evolução dos sistemas produtivos agropecuários acompanhou as chamadas *revoluções industriais*: do maquinário movido por tração animal ou humana, passou-se ao trabalho mecanizado, informatização dos processos e, atualmente, por uma miríade de soluções de cunho tecnológico destinadas aos produtores rurais, na forma de sistemas e aplicativos com foco nos diferentes aspectos da produção (Massruhá e Leite, 2017). As implementações desses sistemas e aplicativos fazem uso de diferentes tipos de interfaces, formas de organização da informação, linguagens de programação, sistemas gerenciadores de bancos de dados e todo um conjunto de artefatos tecnológicos independentes e sem comunicação entre si. Além da sobrecarga cognitiva decorrente da memorização de como usar diversos softwares, o resultado acaba sendo produtores e profissionais da área com mais dúvidas do que certezas sobre o que usar e sobre a garantia de funcionamento daquilo que estão usando, que podem comprometer os processos de controle e tomada de decisão por parte dos gestores. A Fig. 1, recorrente em textos da área, apresenta essa ideia.

A evolução da Agricultura Digital, apresentado sob o termo *Future* (futuro) na Fig. 1, exige que a tecnologia se torne transparente para a comunidade de usuários, integrada em dispositivos físicos com interfaces que façam sentido para quem delas fará uso. Ainda, devido aos impactos econômicos, ambientais e éticos relacionados à atividade agropecuária, é necessário garantir que o funcionamento dos artefatos de hardware e software é seguro e

está de acordo com as suas especificações. Para tanto, a informação e os procedimentos devem estar mapeados e organizados, de forma a permitir que novas tecnologias e sistemas possam ser integrados aos que já existem com um mínimo de esforço humano e com garantias de correção e qualidade. Modelos formais de especificação e integração de sistemas podem servir de base para que este objetivo seja atingido.

Métodos formais e semiformais têm sido usados nos processos de desenvolvimento e verificação de software há décadas, com o objetivo de tornar os sistemas mais seguros e confiáveis (Rodhe e Karresand, 2015; Bonfanti et al., 2018). Um método é dito *formal* quando possui sintaxe e semântica definidas por meio de algum domínio matemático. Uma das vantagens de linguagens de especificação formal é a capacidade de tradução das especificações para outras linguagens. A vantagem da tradução orientada por semântica – e não somente por sintaxe – é a possibilidade de gerar e integrar aplicações de maneira correta, por meio de operações apropriadas.

O estudo da semântica avançou nas últimas duas décadas para aplicações mais conhecidas, especialmente pelo advento da *web semântica* (Bizer et al., 2009). O objetivo da web semântica é transformar a web de um repositório de documentos ligados com a finalidade de acesso por seres humanos para um repositório que possa ser lido e interpretado por algoritmos (Domingue et al., 2011). A chave para que isso aconteça é o uso de uma linguagem formal de representação de informações com semântica bem definida, passível de ser incorporada aos documentos de forma a dar semântica entre as ligações dos dados em cada página e não somente das ligações entre as páginas por meio de *links*, como na web tradicional (Brandão e

de Lucena, 2002). Para que esse resultado possa ser atingido, a web semântica depende do uso de ontologias (Staab e Studer, 2009).

A definição mais usada na literatura sobre ontologias é dada por Gruber (1993): “an explicit specification of a conceptualization”, ou uma especificação explícita de uma conceitualização. Outras definições existem, como a apresentada em Mizoguchi e Ikeda (1996), que faz uso de ontologias como forma de organização do conhecimento. Nesse último, uma ontologia é definida da seguinte forma: “uma ontologia define os termos e as relações elementares que compreendem o vocabulário de uma determinada área, bem como as regras para combinar termos e relações de maneira a definir extensões ao vocabulário” (trad. nossa). Outros aspectos, trazidos por Borst (1997) é a natureza formal e contratual das ontologias, no sentido de expressarem formalmente uma conceptualização que seja compartilhada por um grupo de pessoas. Ou seja, ontologias expressam um modelo conceitual, formal, explícito e compartilhado de algum aspecto do conhecimento humano.

Ontologias podem ser desenvolvidas em diferentes níveis de abstração. Inicialmente usadas para construção de taxonomias e tesauros (dicionários de sinônimos), sua natureza formal evoluiu para o desenvolvimento de modelos de inferência, expressos por lógica de descrições (Baader et al., 2007). A lógica de descrições é um fragmento decidable da lógica de primeira ordem, com vantagens computacionais imediatas, como o uso de algoritmos para verificação de propriedades. As bases de conhecimento construídas com lógica de descrições são divididas em duas partes: (i) a representação da terminologia dos conceitos que se quer descrever, ou o vocabulário do domínio de interesse e (ii) as propriedades e relações existentes entre os elementos anteriores. Assim, não somente a sintaxe de uma representação pode ser definida, mas também sua semântica. A descrição semântica, usando o motor de inferência da lógica de descrições, permite que conclusões corretas sejam produzidas sobre os modelos. Ou seja, pode-se unificar conceitos e suas relações e inferir novos conhecimentos sobre os fatos inicialmente estabelecidos. Assim, ontologias podem ser os arcabouços conceituais para a construção de sistemas no âmbito do paradigma de orientação a modelos (Gasevic et al., 2006).

As linguagens para descrição de ontologias passaram por um processo de especialização (Horrocks et al., 2003), com um consórcio para o desenvolvimento e padronização das tecnologias relacionadas à web semântica (<https://www.w3.org/>). Essas tecnologias incluem padrões para a construção de páginas web, criação de repositórios de dados interligados, construção de vocabulários e criação de regras para manipulação desses dados. As linguagens usadas para representação de conhecimento na web semântica interligam-se com as linguagens usadas para descrição de ontologias (Gasevic et al., 2006), originadas em XML (eXtensible Markup Language), que usa símbolos de marcação para a construção de gramáticas de vários tipos, XML namespaces e identificadores de recursos web. As linguagens padrão correntes são RDF Schema (Resource Description Framework) e a família de linguagens OWL (Web Ontology Language) (Baader et al., 2017, Cap. 8), com diferentes poderes de expressão e computabilidade.

Ontologias têm sido usadas em diferentes domínios de

aplicações, da Educação à Medicina. A motivação para o seu uso no desenvolvimento de sistemas agropecuários engloba: (i) a diversidade de termos regionais para expressar os mesmos conceitos requer uma adequação de linguagem dos sistemas para refletir a linguagem dos usuários locais e (ii) a possibilidade de descrever produtos relacionados aos conceitos dos sistemas produtivos agropecuários, facilitando processos de integração de dados e de diferentes sistemas. O uso de ontologias permite que esses processos possam ser conduzidos (semi)automaticamente.

O objetivo deste trabalho é investigar o uso de ontologias como ferramenta de modelagem conceitual e buscar seus usos em modelos de negócio da pecuária de corte por meio de uma revisão sistemática da literatura. O foco em modelo de negócios é derivado de uma recente pesquisa, conduzida com produtores rurais por um consórcio entre EMBRAPA, SEBRAE e INPE, que conclui que os produtores gostariam de ter condições de melhor planejar e gerir seus negócios, avaliar seus custos de produção e de quantificar o seu lucro (Bolfé et al., 2020). Essa dificuldade pode ser contornada pela definição explícita de um modelo de negócio no qual todos os aspectos do sistema produtivo, incluindo custos e receitas possam ser formalmente descritos e computados, a partir de sistemas gerados com base nas descrições.

O restante deste trabalho está assim organizado: a Seção 2 apresenta os trabalhos relacionados a essa revisão, fundamentando sua justificativa; a Seção 3 descreve o protocolo de revisão aplicado e o volume de trabalhos localizados; a Seção 4 apresenta e discute os resultados obtidos; a Seção 5 conclui com a análise dos resultados e direções para futuras pesquisas.

2 Trabalhos relacionados

O procedimento para encontrar os trabalhos relacionados, ou revisões da literatura, com foco em modelos de negócio para sistemas produtivos da pecuária não retornou nenhum resultado em nenhuma das fontes pesquisadas no planejamento do protocolo de revisão, apresentado na Seção 3. Optou-se, assim, por buscas nos repositórios Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br/>) e Research Gate (<https://www.researchgate.net/>), que são plataformas alimentadas pelos próprios autores, para busca de revisões semelhantes à proposta neste trabalho. Não foi encontrado nenhum trabalho com o mesmo foco, mas algumas revisões foram capazes de lançar luz sobre os temas associados, conforme apresentado a seguir.

Andreini et al. (2021) revisa 114 artigos buscando categorizar processos de modelos inovadores de negócio, identificando lacunas que podem ser preenchidas com atividades futuras de pesquisa. Ontologias são usadas no trabalho para caracterizar temas, mas não são apresentadas abordagens desse tipo para atividades de construção de modelos. Sobre a mesma questão, Lang (2020) analisa 31 trabalhos usando tanto a dimensão de modelo como de processo de negócio, com o objetivo de entender melhor as iniciativas acadêmicas na área. De forma geral, é possível verificar que praticamente não existe formalização dos termos e relacionamentos existentes nas áreas. Ontologias não são mencionadas em nenhum dos trabalhos analisados nessas revisões.

Barth et al. (2017) apresenta uma revisão não estruturada da literatura com objetivo de entender o desenvolvimento de modelos de negócio sustentáveis no setor da alimentação baseada em produtos agrícolas, em suas abordagens teóricas e práticas e seus níveis de complexidade e maturidade. O trabalho é construído a partir de uma revisão prévia e suas conclusões são de que os trabalhos são muito ricos em dados empíricos, mas que muito poucos consideram os aspectos teóricos associados aos arcabouços estudados, mesmo que eles sejam necessários para suportar os argumentos apresentados.

Steinhöfel et al. (2018) visa produzir uma revisão do estado-da-arte na avaliação de modelos de negócio, especialmente quanto à existência de ferramentas, metodologias e abordagens para realização desta tarefa. A aplicação de critérios de seleção reduziu para 34 o número de trabalhos selecionados para análise. Neste trabalho, houve uma análise sobre as ontologias usadas para descrição de modelos de negócio. A ontologia *Business Model Canvas*, proposta inicialmente em Osterwalder e Pigneur (2010) a partir do trabalho desenvolvido em Osterwalder (2004) é usada na maior parte dos trabalhos que fazem uso de algum arcabouço conceitual teórico e algumas outras poucas ontologias construídas para representar modelos de negócio também surgem em alguns trabalhos. Todos os outros autores analisados usam formas diversas de representação de modelos de negócio, mostrando que a área não é unânime no uso de representações formais, ainda que um processo de avaliação necessite de um mínimo de formalismo.

Se existem diversas iniciativas focadas em descrições ontológicas de modelos de negócio, o mesmo não ocorre em relação aos sistemas produtivos agropecuários. A mais recente revisão encontrada (Abbasi et al., 2022) sobre aplicações computacionais na agricultura, buscando identificar tendências emergentes, nem ao menos cita o termo ontologia. O termo só aparece na bibliografia do trabalho, em duas referências dos mesmos autores sobre o mesmo tipo de aplicação. Salienta-se que esse trabalho em particular usa aplicações em pecuária como critério de exclusão. Contudo, a experiência mostra que a agricultura digital é bastante mais intensa em cenários agrícolas do que pecuários.

Drury et al. (2019) apresenta um levantamento sobre recursos da web semântica para a agricultura, com base em uma revisão semiestruturada da literatura. Os recursos disponíveis mostram que existem iniciativas importantes para criação e manutenção de ontologias para a área, com destaque para a plataforma AGROVOC (<https://www.fao.org/agrovoc/>) (Rajbhandari e Keizer, 2012) da FAO, que é o órgão das Nações Unidas responsável pela promoção da agropecuária e segurança alimentar. O texto apresenta diversas aplicações de ontologias e da web semântica na área e conclui que os recursos da web semântica disponíveis são subutilizados pelas aplicações.

Com os resultados dessa revisão em vista, justifica-se uma procura focada em ontologias para modelos de negócio na produção pecuária, para verificação dos avanços específicos nessa área nos últimos anos, como evidência para justificar esforços de pesquisa que com ela possam contribuir.

3 Material e métodos

O trabalho desenvolvido é de natureza bibliográfica e qualitativa. O método foi adaptado de (Kitchenham, 2004; Dermeval e Bittencourt, 2020), consistindo nas seguintes etapas: (i) definição das questões de pesquisa da revisão; (ii) definição das fontes de pesquisa; (iii) definição das *strings* de busca; (iv) filtragem dos resultados; (v) seleção dos trabalhos encontrados; (vi) revisão e análise dos trabalhos; (vii) incorporação de referências; e (viii) sistematização dos achados.

As questões de pesquisa da revisão deste trabalho são:

- Q1 Quais são as ontologias já construídas com foco na pecuária de corte?
- Q2 Quais são as ontologias já construídas com foco em sistemas de produção agropecuária?
- Q3 Quais são as ontologias já construídas com foco em modelos de negócio?
- Q4 Para que fins são utilizadas as ontologias construídas, referentes às questões de pesquisa anteriores?

A separação das questões nos temas pecuária de corte, produção agropecuária e modelos de negócio foi motivada pela pouca chance da intersecção entre os assuntos produzir muitos resultados e para que fosse possível construir um panorama mais geral das abordagens existentes nessas três vertentes de trabalho.

A última questão de pesquisa visa levantar não só a existência de abordagens ontológicas, mas também os usos dados a elas. Particularmente, estamos interessados em ontologias que sejam usadas como base para construção de software e para processos de inferência e essa pergunta visa classificar os usos dados às ontologias descobertas com as questões Q1 a Q3.

A definição das *strings* de busca foi feita com base nas questões de pesquisa e em artigos relacionados, previamente selecionados. As duas *strings* de busca construídas, S1 e S2, são as seguintes:

- S1 (ontology OR ontologies OR ontological) AND (agriculture OR agricultural OR agronomic OR livestock OR beef cattle)
- S2 (ontology OR ontologies OR ontological) AND (business model OR business process)

As *strings* consistem em uma conjunção de cláusulas com a disjunção dos sinônimos de cada termo em seu interior. Os sinônimos são necessários porque, como as buscas são restritas ao título, resumo e palavras-chave, pode ser que o termo escolhido para a pesquisa não apareça, somente algum sinônimo. A restrição precisa ser feita de maneira a assegurar uma maior chance da busca retornar trabalhos relevantes e focados nas questões de pesquisa da revisão.

O maior problema encontrado no processo de revisão é que os repositórios não têm formato padrão para busca e são sensíveis à quantidade de termos e operadores usados, sendo necessário adaptar as *strings* para cada repositório. Poucas são as bibliotecas digitais que permitem buscas com operadores lógicos. O Science Direct, por exemplo, somente opera com o operador de disjunção, o que significa que o número de retornos é muito alto, pois o que retorna

Tabela 1: Resultados da revisão sistemática da literatura

Fonte	Encontrados		Excluídos		Incluídos	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
ACM Digital Library	1	8	1	5	0	3
IEEE Xplorer	39	21	33	20	5	1
Wiley Online Library	1	2	1	2	0	0
Science Direct	63	164	61	162	2	2
Referências	–	–	–	–	–	1

é a união e não a intersecção dos conjuntos de trabalhos com os termos pesquisados. Adicionalmente, ontologia é um termo oriundo da Filosofia, o que gera também muitos resultados diversos daquilo que se busca. Esses fatos explicam a disparidade entre os trabalhos encontrados e os trabalhos incluídos, conforme apresentado a seguir.

As *strings* foram usadas nos repositórios digitais ACM Digital Library (<https://dl.acm.org/>), IEEE Xplorer (<https://ieeexplore.ieee.org/>), Wiley Online Library (<https://onlinelibrary.wiley.com/>) e Science Direct (<https://www.sciencedirect.com/>). Os repositórios escolhidos consistem nas duas maiores bibliotecas digitais da área de Computação e das duas maiores bibliotecas digitais que contém periódicos das áreas das Ciências Agrárias e Ciências Sociais Aplicadas, áreas de domínio desta revisão.

As buscas foram feitas somente nos campos de título e resumo, para trabalhos publicados a partir do ano de 2016. O corte nesse ano foi realizado porque já havia uma revisão bastante completa sobre o assunto na área de modelos de negócio, que incluía diversas ontologias (Steinhöfel et al., 2018), conforme apresentado na Seção 2, que não serão descritas neste trabalho. Devido à falta de revisões sobre ontologias no setor agropecuário, imagina-se que todos os novos desenvolvimentos sejam mais recentes. Como o protocolo prevê a incorporação de referências relevantes presentes nos trabalhos encontrados (e omissos dos já citados), não há perda relativa à busca de trabalhos mais recentes.

Os critérios de inclusão para os trabalhos obtidos exigiram que o artigo versasse sobre ontologias projetadas para pecuária ou para modelos de negócio e que estivessem escritos em português ou inglês. Ainda que as *strings* de busca somente contenassem termos em inglês, os trabalhos publicados nos repositórios pesquisados possuem metadados em inglês, além da língua original de escrita dos trabalhos. Sendo assim, a língua usada não foi filtro de busca, mas ambas as línguas seriam consideradas aceitáveis para a inclusão do trabalho. Foram excluídos os artigos que implementavam unicamente tesouros ou descrições puramente hierárquicas, que se tratavam de versões anteriores do mesmo trabalho, duplicatas ou trabalhos que não fossem capazes de responder a pelo menos uma das questões de pesquisa.

As referências dos artigos incluídos foram verificadas e, se em conformidade com os critérios de inclusão, foram incluídas na revisão. Essa ação garante que trabalhos mais antigos possam ser incluídos com menor esforço. Os artigos usados para a construção das *strings* de busca também foram incluídos. Os resultados da busca e análise dos artigos produzidos na revisão sistemática estão apresentados na Tabela 1.

4 Resultados

Os trabalhos incluídos na revisão, em acordo ao protocolo construído, são apresentados nas seções seguintes. A discussão do uso dado às ontologias é feita em cada uma das análises dos trabalhos incluídos, como forma de responder a todas as questões de pesquisa elencadas. A sistematização dos resultados é apresentada ao final desta seção.

4.1 Ontologias para modelos de negócio

Liang et al. (2019) introduz a ontologia de domínio GDBPO para a construção de modelos dinâmicos de processos de negócios orientados a objetivos. A ontologia proposta fornece quatro perspectivas, na forma de subontologias: processos, objetivos, regras de negócio e tomadas de decisão. A abordagem permite apoiar a decomposição de metas de alto nível (estratégicas e táticas) em metas refinadas de nível operacional, que podem ser alinhadas com regras de negócio e atividades disponíveis para, dinamicamente, construir o processo de negócio. As subontologias especificam conceitos sobre os processos da empresa, variáveis para diferentes níveis de objetivos e metas da organização, restrições e requisitos a seguir durante a execução dos processos e especificações sobre como uma decisão é tomada e quais os fatores que a afetam, incluindo análise de riscos, metas e operações alternativas para cumpri-las. A ontologia construída não foi aplicada em nenhum domínio específico e não houve nenhum processo de inferência realizado, sendo essa última questão apontada como trabalho futuro.

Zeleti e Ojo (2017) apresenta a ontologia de domínio OGDBMO (*open government data business model ontology*), objetivando criar um arcabouço para novas ferramentas de gestão de dados abertos. Os autores identificaram seis conceitos, que foram usados para criar o modelo 6-Values Business Model Framework, utilizado para guiar o desenvolvimento dos requisitos funcionais para a ontologia proposta. A concepção de requisito funcional, no trabalho, foi construída a partir da identificação de questões de competência de Ren et al. (2014) como método de elicitação de requisitos. Essas questões consistem em perguntas que a ontologia deve ser capaz de responder quando completa e, caso a ontologia seja capaz de responder à questão, ela é considerada atendida. Não há descrição de aplicação prática da ontologia a nenhum modelo ou aplicação específicos.

Pease et al. (2020) desenvolve uma ontologia de domínio projetada para um sistema automatizado de apoio à tomada de decisão para produtos *end-of-life*, que são produtos que atingiram o final de sua vida útil e serão descontinuados. A motivação para o trabalho é o fato de que

decisões sobre continuidade de produtos são tomadas por pessoas que podem não ter total ciência das informações necessárias para aquela tomada de decisão, podendo não ser efetivadas corretamente ou em tempo hábil. O autor propõe um sistema capaz apoiar as decisões com foco na diminuição do risco da decisão tomada não resultar em lucro. O sistema desenvolvido é construído sobre uma ontologia cujos conceitos e relações explicitam lucratividade, previsão de preços e custos de produção. A ontologia foi descrita na linguagem OWL.

Yingbo e Xia (2019) propõe um método de modelagem de negócios e raciocínio baseado em uma ontologia de descrição de processos, com o intuito de resolver o problema do grande volume e alta complexidade dos dados no processamento de negócios bancários. Os autores decompõem e refinam a função principal do processo de negócio, completando a definição com os relacionamentos, resultando em um modelo da ontologia de processos voltados ao negócio bancário. Os elementos das operações bancárias são incorporados ao modelo e um conjunto customizado de regras de inferência é utilizado para verificar a efetividade e completude do modelo criado. Por fim o autor explica que a falta de dados experimentais abre caminho para melhora no trabalho e que o objetivo futuro é estender a ontologia para outros domínios de negócio.

Zou et al. (2019) criou uma ontologia para descrever conceitos de *product-service-systems*, representados sob três pontos de vista de usuários distintos: o criador de estratégias de negócio, os fabricantes e os consumidores. Utilizando a ontologia desenvolvida, o autor foi capaz de verificar a consistência entre modelos de negócio e modelos de manufatura de maneira semiautomática, provendo um modelo de inferência e identificado potenciais inconsistências. O objetivo do trabalho visa prover auxílio na seleção de sócios, mercados e tecnologias. Por fim o autor explica que, apesar do teste das funcionalidades apresentar bons resultados, a aplicabilidade do modelo ainda exige verificação em escalas maiores.

Afify et al. (2017) elaborou uma ontologia de domínio de negócios para serviços em nuvem, englobando conhecimentos sobre modelos de computação em nuvem (entrega, *deployment* e preço), componentes, provedores e detalhes do serviço. A abordagem é orientada aos possíveis tipos de serviços: infraestrutura como um serviço (IaaS), plataforma como um serviço (PaaS) e software como um serviço (SaaS). A ontologia foi desenvolvida na linguagem OWL 2.0 por sua expressividade e semântica que permite modelagem explícita de seus conceitos e descrições do domínio, além de possibilitar raciocínio automatizado.

4.2 Ontologias para sistemas produtivos agropecuários

Boshkoska et al. (2019) apresenta um sistema de apoio à decisão para avaliação de limites do compartilhamento de conhecimento na área de *agri-food value chains*. O desenvolvimento do sistema ocorreu em duas fases: identificação dos limites do conhecimento utilizando aprendizado de máquina e ontologias e transformação da ontologia obtida em um sistema de apoio à decisão para a avaliação dos limites desse conhecimento. A efetividade do sistema

desenvolvido foi avaliada aplicando-o a três cadeias de valor distintas, sendo que nas três aplicações foi possível encontrar pontos que necessitavam de melhoria.

Walisadeera et al. (2015) apresenta uma ontologia com conceitos relacionados a condições ambientais, colheitas e uso de fertilizantes, com o objetivo de inferir conhecimentos a partir das informações registradas na ontologia. As informações representadas foram usadas para auxiliar os agricultores na seleção dos vegetais que seriam plantados. O sistema foi testado com um grupo de agricultores do Sri Lanka e a ontologia desenvolvida foi disponibilizada na nuvem em conjunto com uma interface para requisição de informações. O motor de inferência usado foi um *plug-in* chamado *FaCT++ reasoner* e suas requisições foram codificadas em SPARQL e em lógica de descrições.

Chukkapalli, Mittal, Gupta, Abdelsalam, Joshi, Sandhu e Joshi (2020) desenvolve um ecossistema de fazendas cooperativo e conectado que gerencia sensores e sua comunicação entre diferentes entidades do ecossistema por meio de um *co-op hub* na nuvem, desenvolvido a partir de duas ontologias: a ontologia membro e a ontologia *co-op*. A ontologia membro descreve os conceitos de uma fazenda individual membro da rede e a ontologia *co-op* descreve interações e conhecimento de domínio específico sobre o ecossistema cooperativo de fazendas. Ambas ontologias são utilizadas em conjunto para capturar os dados do ecossistema e gerenciar suas interações. Outro trabalho do mesmo grupo é o de Chukkapalli, Piplai, Mittal, Gupta e Joshi (2020), que desenvolve um sistema de segurança para controle de acesso baseado em atributos para a ontologia proposta anteriormente. O sistema é capaz de controlar o acesso dos trabalhadores ao maquinário (e.g. tratores), controlar o acesso de trabalhadores aos dados dos sensores e manter as permissões de uso dos sistemas automatizados (e.g. irrigação) por meio de regras escritas em SWRL (Horrocks et al., 2004), em conjunto com conceitos e atributos da ontologia.

Bi et al. (2016) apresenta um método de integração de dados da agricultura baseado em ontologia, motivado pelas inconsistências nos diferentes métodos de representação do conhecimento na agricultura. A ontologia foi construída a partir da análise da estrutura comum dos dados de geração da produção agrícola de instituições, com construção de um modelo lógico de estruturas e múltiplas relações entre dados da agricultura são estabelecidas. As múltiplas relações entre os dados são convertidos em um modelo orientado a objetos e aplicados em um sistema de análise econômica em Jilin, província rural da China.

Pani e Mishra (2016) desenvolve uma ontologia para formalização de conceitos da agricultura. A ontologia é descrita na linguagem OWL DL para uso em um sistema web. A ontologia é construída com base em um diagrama de classes criado anteriormente por meio da análise das variadas fases necessárias em um sistema para agricultura e as informações que o agricultor necessita em cada fase. Por fim são definidos os axiomas da ontologia que com base nestes axiomas e na estrutura hierárquica da ontologia poderão ser feitas consultas e inferências.

Abraham e Hirakawa (2017) apresenta um modelo para representar conhecimento técnico de operações agrícolas de campo. As operações agrícolas foram analisadas para determinar quem são os agentes, as funções, recursos de

entrada, controle de fluxo, conceitos das tarefas, atributos e relacionamentos. Como resultado foi obtida uma representação formal do domínio em conjunto com um modelo conceitual construído usando diagrama de classe UML e diagrama de atividades. A consistência do modelo foi verificada em estudo de caso sobre as operações da colheita de cana de açúcar. O trabalho termina com as perspectivas para futuras pesquisas envolvendo metodologias para construir implementações com linguagens como OWL e a exploração de outras maneiras de representar o controle de fluxo das operações, como BPMN (*business process model and notation*).

Da Silva et al. (2019) descreve um modelo ontológico para classificação de doenças que acometem rebanhos de bois e búfalos. A ontologia proposta foi dividida em seis classes principais: anatomia, Bioma Amazônia, doenças, raças, sistema de criação e tipo de produção. O modelo foi capaz de relacionar doenças presentes na pecuária bovina e bubalina, tipos de produção, sistemas de criação e os ecossistemas do Bioma Amazônia. A linguagem utilizada foi OWL em conjunto com RDF. O trabalho apresenta consultas demonstrativas a bases de dados utilizando a linguagem SPARQL.

4.3 Discussão

Apesar do protocolo estabelecer a busca de trabalhos nas bases com vultoso acervo de artigos tanto sobre Computação como sobre Ciências Agrárias, acrescidos aos achados relevantes dos referenciais bibliográficos dos trabalhos inicialmente selecionados, foram encontrados relativamente poucos trabalhos de formalização de modelos de negócio/sistemas produtivos agropecuários com ontologias. A causa mais provável para os (relativamente) poucos achados é que trabalhos interdisciplinares costumam ser publicados em fontes muitos diversas.

Ontologias, modelos de negócio e agropecuária pertencem a disciplinas distintas, com métodos diversos e diferentes veículos de publicação. Os repositórios mais relacionados à Engenharia/Computação usados (*ACM Digital Library* e *IEEE Xplorer*) concentram publicações importantes de vários locais do mundo – inclusive eventos nacionais publicados na plataforma, mas estão longe de representar a totalidade da produção nessas áreas. Modelos de negócio, por outro lado, estão mais ligados a publicações das áreas de Administração, que estão muito dispersas e que possuem problemas com relação a buscas automatizadas. Como exemplo, o periódico *Journal of Business Models* não possui mecanismo de busca em seu site, exigindo a leitura de todas as edições para encontrar trabalhos de interesse.

As limitações no uso de operadores lógicos nos demais repositórios fazem com que o uso de ferramentas de suporte seja necessário. Já existem diversas iniciativas nesse sentido (Karakan, 2021; Marchezan et al., 2019; Bigendako e Syriani, 2018; Fernández-Sáez et al., 2010; Zamboni et al., 2010), em diversos graus de maturidade de desenvolvimento e funcionalidades providas. Pretendemos aprofundar nossas buscas fazendo uso dessas ferramentas, visto que já foi determinado que elas podem ser benéficas a um trabalho dessa monta, ainda que com problemas de funcionamento e necessidades de correções periódicas.

Por outro lado, os trabalhos encontrados mostram abor-

dagens e resultados interessantes, bem como possibilidades promissoras de desenvolvimento. As iniciativas no escopo da rede mundial GO FAIR (<https://www.go-fair.org/>), que tem como objetivo tornar os sistemas computacionais capazes de encontrar (*Find*), acessar (*Access*), interoperar (*Interoperate*) e reutilizar (*Reuse*) dados com o mínimo de intervenção humana possível, visam transformar a internet em uma comunidade também de máquinas. Esse objetivo inclui que sistemas possam ser descritos formalmente e isso inclui, naturalmente, o uso de ontologias.

Dentre as ontologias voltadas para a modelagem de negócios, foram observadas aplicações variando entre níveis estratégicos e operacionais. Ontologias empregadas em níveis estratégicos foram usadas para desenvolver sistemas de apoio a decisão (e.g. (Pease et al., 2020)) e ontologias empregadas em níveis tático e operacional se preocupam com a definição dos processos de negócio da empresa (e.g. (Zou et al., 2019; Afify et al., 2017; Yingbo e Xia, 2019)).

Seja com modelos descrevendo parcialmente ou de forma mais completa (como (Liang et al., 2019)) a ideia de modelo de negócio, todos os trabalhos apresentam relações entre seus diferentes níveis de gestão e planejamento. Essa é uma das características de uma ontologia: a descrição dos conceitos e de seus relacionamentos permite particionar e hierarquizar ideias em diferentes níveis, o que é importante para o controle da complexidade. Por outro lado, relacionamentos explícitos mantêm os elementos conectados com precisão sintática (em todos os casos) e semântica (em alguns).

A revisão sistemática encontrou apenas um artigo projetado especificamente para pecuária, mas com foco em saúde animal (Da Silva et al., 2019) e não em modelos de negócio. Outros trabalhos incluem ontologias aplicadas à gestão de fazendas inteligentes que também podem ser usadas para gerir sensores empregados na pecuária. Entre os trabalhos analisados, um aspecto geográfico das ontologias projetadas para a agropecuária foi observado onde os conceitos e informações relevantes para o produtor variam entre localizações, biomas, espécies e tipos de produção (e.g. (Walisadeera et al., 2015), (Da Silva et al., 2019)). Nota-se que, com exceção de (Pani e Mishra, 2016), os demais trabalhos são voltados a descrições de processos específicos no setor, ainda que também com ligações aos seus conceitos de maior abstração, com as mesmas vantagens já descritas no parágrafo anterior. Nenhum trabalho no domínio de sistemas de produção de pecuária de corte foi encontrado durante a revisão.

Salienta-se a divergência entre as ontologias construídas para modelos e processos de negócio e as apresentadas para o setor agropecuário. Essas últimas estavam bastante mais focadas nos conceitos próprios à atividade, ainda que toda atividade agropecuária ocorra dentro de um sistema produtivo, que também configura um modelo de negócio.

A síntese das linguagens e ferramentas usadas para construção de ontologias nos trabalhos estudados é apresentada na Tabela 2. Pode-se notar a predominância da linguagem OWL (*Web Ontology Language*) como linguagem para descrição das ontologias. Essa predominância faz sentido, dado que a linguagem é suportada pelo consórcio W3C (<https://www.w3.org/>). A linguagem OWL, na verdade, é uma família de linguagens (OWL Lite, OWL DL e OWL Full) com três níveis distintos de expressividade/com-

Tabela 2: Uso de ferramentas nos trabalhos analisados

Ferramenta	Linguagem de descrição da ontologia	Trabalhos
Protégé	OWL	(Afify et al., 2017), (Yingbo e Xia, 2019), (Zou et al., 2019), (Pani e Mishra, 2016), (Walisadeera et al., 2015)
Não especificada	OWL	(Chukkapalli, Piplai, Mittal, Gupta e Joshi, 2020), (Chukkapalli, Mittal, Gupta, Abdelsalam, Joshi, Sandhu e Joshi, 2020), (Pease et al., 2020)
Protégé	RDF e OWL	(Zeleti e Ojo, 2017), (Da Silva et al., 2019)
OntoGen	Não especificado	(Boshkoska et al., 2019)
Não especificada	UML	(Abrahao e Hirakawa, 2017)
Não especificado	Não especificado	(Liang et al., 2019), (Bi et al., 2016)

Tabela 3: Ferramentas de inferência utilizadas

Motor de inferência	Trabalhos
Jena	Yingbo e Xia (2019), Da Silva et al. (2019)
FaCT ++	Walisadeera et al. (2015)
HermiT	Pease et al. (2020)
Pellet	Pani e Mishra (2016), Pease et al. (2020), Zeleti e Ojo (2017)

putabilidade. Essa divisão permite que o desenvolvedor possa escolher a linguagem usada e adequar seu código às suas necessidades. O software Protégé (Musen, 2015) segue sendo a escolha mais frequente para especificação de ontologias, dada sua robustez, tempo de desenvolvimento, tamanho da comunidade de usuários e possibilidade de exportar o modelo construído em diferentes linguagens de representação de ontologias.

A Tabela 3 apresenta as ferramentas de inferência empregadas nos trabalhos em que havia algum tipo de raciocínio ou verificação de consistência automatizado, contabilizando aproximadamente 40% dos trabalhos analisados. Todos os trabalhos listados na Tabela 3 realizaram verificação de consistência em suas ontologias, com exceção de (Da Silva et al., 2019). Note-se que, em (Pease et al., 2020), duas ferramentas de inferência foram usadas para verificação de consistência e, portanto, esse trabalho aparece em duas linhas da tabela. As inferências realizadas nos trabalhos analisados incluem o processamento de operações bancárias (Yingbo e Xia, 2019), a extração de informações sobre saúde animal (Da Silva et al., 2019) e sobre plantações (Pani e Mishra, 2016; Walisadeera et al., 2015) e, por fim, estimativas de risco e lucro em sistema de apoio a decisão (Pease et al., 2020).

5 Conclusão

Ontologias são formalizações de conceitos e seus relacionamentos, com possibilidade de especificação da semântica dessas descrições e inferência sobre o conhecimento existente, usualmente por meio de lógicas de descrições e seus sistemas de prova. Ontologias têm sido usadas em várias áreas do conhecimento, com diferentes finalidades. Neste trabalho, apresentou-se uma revisão da literatura sobre o uso de ontologias para especificação de modelos de negócio e para a área de produção agropecuária. A intenção do trabalho é avaliar possíveis caminhos de pesquisa, especificamente na descrição de modelos de sistemas produtivos da pecuária de corte, com foco no controle e gerenciamento da produção.

A literatura encontrada mostrou que existem iniciativas em ambas as áreas, mas que ainda não atingiram

seu potencial. Todos os trabalhos apresentam conceitos e seus relacionamentos, mas poucos implementam sua semântica, análises de consistência e inferência ou geração automatizada de aplicações a partir das descrições formais. Essas últimas definições são imprescindíveis para que se atinja todo o potencial de uso de ontologias em sistemas produtivos agropecuários.

Como trabalho futuro, vislumbra-se a construção de uma ontologia voltada para modelos de negócio na pecuária de corte. Ontologias permitem a construção de tesouros, então os regionalismos existentes podem ser incorporados naturalmente aos sistemas desenvolvidos, por meio de estratégias semiautomatizadas de customização. O foco do trabalho será no gerenciamento e controle do sistema produtivo, com previsões relacionadas ao ganho financeiro do processo e melhor controle do processo como um todo. Inicialmente, as definições serão construídas a partir do sistema AgroTermos (<https://sistemas.sede.embrapa.br/agrotermos/>) e com apoio de produtores de gado de corte na região do Pampa no Rio Grande do Sul com a parceria da EMBRAPA. A ontologia deverá abarcar detalhes que permitam a geração (semi)automatizada de aplicações, a partir das necessidades do negócio.

Referências

- Abbasi, R., Martinez, P. e Ahmad, R. (2022). The digitization of agricultural industry – a systematic literature review on agriculture 4.0, *Smart Agricultural Technology* 2: 100042. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100042>.
- Abrahao, E. e Hirakawa, A. R. (2017). Task ontology modeling for technical knowledge representation in agriculture field operations domain, *Proceedings - 2017 2nd International Conference on Information Systems Engineering, ICISE 2017 2017-Janua*(1): 12–16. <https://doi.org/10.1109/ICISE.2017.18>.
- Afify, Y. M., Badr, N. L., Moawad, I. F. e Tolba, M. F. (2017). A comprehensive business domain ontology for cloud services, *2017 IEEE 8th International Conference on Intelligent Computing and Information Systems, ICICIS*

- 2017 **2018-Janua**(Icicis): 134–143. <https://doi.org/10.1109/INTELCIS.2017.8260044>.
- Andreini, D., Bettinelli, C., Foss, N. J. e Mismetti, M. (2021). Business model innovation: a review of the process-based literature, *Journal of Management and Governance*. <https://doi.org/10.1007/s10997-021-09590-w>.
- Baader, F., Calvanese, D., McGuinness, D. L., McGuinness, D. L., Nardi, D. e Patel-Schneider, P. F. (2007). *The Description Logic Handbook: Theory, Implementation and Applications*, 2 edn, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Baader, F., Horrocks, I., Lutz, C. e Sattler, U. (2017). *An Introduction to Description Logic*, Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781139025355.008>.
- Barth, H., Ulvenblad, P.-O. e Ulvenblad, P. (2017). Towards a conceptual framework of sustainable business model innovation in the agri-food sector: A systematic literature review, *Sustainability* 9: 1620. <https://doi.org/10.3390/su9091620>.
- Bi, L., Di, X. Q. e Zhang, Y. (2016). Agricultural data modeling method based on semantics, *Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Big Data Analysis, ICBDA 2016*. <https://doi.org/10.1109/ICBDA.2016.7509798>.
- Bigendako, B. e Syriani, E. (2018). Modeling a tool for conducting systematic reviews iteratively, *Proceedings of the 6th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development*, pp. 552–559. <https://doi.org/10.5220/0006664405520559>.
- Bizer, C., Heath, T. e Berners-Lee, T. (2009). Linked data – the story so far, *International Journal on Semantic Web and Information Systems* 5: 1–22. <https://doi.org/10.4018/jswis.2009081901>.
- Bolfe, E. L., Junior, A. L., de Castro Victoria, D. e Grego, C. R. (2020). Agricultura digital no Brasil – tendências, desafios e oportunidades (resultado de pesquisa online), *Technical report*, EMBRAPA/SEBRAE/INPE, Campinas.
- Bonfanti, S., Gargantini, A. e Mashkoor, A. (2018). A systematic literature review of the use of formal methods in medical software systems, *J. Softw. Evol. and Proc.* 30(5): 1–23. <https://doi.org/10.1002/smr.1943>.
- Borst, W. N. (1997). *Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse*, PhD thesis, University of Twente, Enschede, The Netherlands.
- Boshkoska, B. M., Liu, S., Zhao, G., Fernandez, A., Gamboa, S., del Pino, M., Zarate, P., Hernandez, J. e Chen, H. (2019). A decision support system for evaluation of the knowledge sharing crossing boundaries in agri-food value chains, *Computers in Industry* 110: 64–80. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.04.012>.
- Brandão, A. A. F. e de Lucena, C. J. P. (2002). Uma introdução à Engenharia de Ontologias no contexto da Web Semântica, *Technical report*, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).
- Chukkapalli, S. S. L., Mittal, S., Gupta, M., Abdelsalam, M., Joshi, A., Sandhu, R. e Joshi, K. (2020). Ontologies and artificial intelligence systems for the cooperative smart farming ecosystem, *IEEE Access* 8: 164045–164064. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3022763>.
- Chukkapalli, S. S. L., Piplai, A., Mittal, S., Gupta, M. e Joshi, A. (2020). A smart-farming ontology for attribute-based access control, *IEEE 6th Intl Conference on Big Data Security on Cloud*, pp. 29–34. <https://doi.org/10.1109/BigDataSecurity-HPSC-IDS49724.2020.00017>.
- Da Silva, B. A., Da Ponte, M. J. M., Filho, J. R. B. e Lima, C. P. (2019). Ontological model for classification of diseases in bovines and buffaloes, *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI 2019-June*(June): 19–22.
- Dermeval, D. e Bittencourt, J. A. P. M. C. I. I. (2020). *Mapeamento Sistemático e Revisão Sistemática da Literatura em Informática na Educação*, Vol. 2, CEIE/SBC, chapter 3, pp. 1–26.
- Domingue, J., Fensel, D. e Hendler, J. A. (2011). *Introduction to the Semantic Web Technologies*, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 1–41. https://doi.org/10.1007/978-3-540-92913-0_1.
- Drury, B., Fernandes, R., Moura, M.-F. e Lopes, A. A. (2019). A survey of semantic web technology for agriculture, *Information Processing in Agriculture* 6: 487–501. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.02.001>.
- Fernández-Sáez, A. M., Bocco, M. G. e Romero, F. P. (2010). Slr-tool – A tool for performing systematic literature reviews, in J. A. M. Cordeiro, M. Virvou e B. Shishkov (eds), *ICSOF 2010 – Proceedings of the Fifth International Conference on Software and Data Technologies, Volume 2, Athens, Greece, July 22–24, 2010*, SciTePress, pp. 157–166. Disponível em <http://www.scitepress.org/Papers/2010/30036/30036.pdf>.
- Gasevic, D., Djuric, D. e Devedzic, V. (2006). *Model Driven Architecture and Ontology Development*, Springer, Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/3-540-32182-9>.
- Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications, *Knowledge Acquisition* 5: 199–220. <https://doi.org/10.1006/knac.1993.1008>.
- Horrocks, I., Patel-Schneider, P. F., Boley, H., Grosof, B. e Dean, M. (2004). SWRL: A semantic web rule language combining OWL and RuleML, *Technical Report SUBM-SWRL-20040521*, W3C Consortium. Disponível em: <https://www.w3.org/Submission/SWRL/>.
- Horrocks, I., Patel-Schneider, P. F. e Van Harmelen, F. (2003). From SHIQ and RDF to OWL: The making of a Web Ontology Language, *Web Semantics* 1(1): 7–26. <https://doi.org/10.1016/j.websem.2003.07.001>.
- Karakan, B. (2021). Tool support for systematic literature reviews: Analyzing existing solutions and the potential for automation, *Technical report*, Institute of Software Technology, University of Stuttgart.

- Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews, *Joint Technical Report TR/SE-0401*, Keele University, Keele.
- Lang, M. (2020). Business model innovation approaches: A systematic literature review, *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 68(2): 435–449. <https://doi.org/10.11118/actaun202068020435>.
- Liang, Y., Wen, Z., Liu, L., Li, G. e Guo, B. (2019). Towards a goal-driven dynamic business process ontology, *ACM International Conference Proceeding Series*, pp. 295–299. <https://doi.org/10.1145/3358528.3358550>.
- Marchezan, L., Bolfe, G., Rodrigues, E., Bernardino, M. e Basso, F. P. (2019). Thoth: A web-based tool to support systematic reviews, *ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM)*. <https://doi.org/10.1109/ESEM.2019.8870160>.
- Massruhá, S. M. F. S. e Leite, M. A. d. A. (2017). *Agro 4.0 – rumo à Agricultura Digital*, 2 edn, Centro Paula Souza, São Paulo.
- Mizoguchi, R. e Ikeda, M. (1996). Towards ontology engineering, *Technical Report AI-TR-96-1*, I.S.I.R., Osaka University.
- Musen, M. A. (2015). *The Protégé project: A look back and a look forward*, Vol. 1, Association of Computing Machinery Specific Interest Group in Artificial Intelligence. <https://doi.org/10.1145/2557001.25757003>.
- Osterwalder, A. (2004). *The Business Model Ontology: A Proposition in a Design Science Approach*, PhD thesis, Lausanne University.
- Osterwalder, A. e Pigneur, Y. (2010). *Business Model Generation: A Handbook For Visionaries, Game Changers, And Challengers*, Wiley, New York.
- Pani, S. e Mishra, J. (2016). Building semantics of E-agriculture in India: Semantics in e-agriculture, *Proceedings - 2015 International Conference on Man and Machine Interfacing, MAMI 2015* pp. 15–18. <https://doi.org/10.1109/MAMI.2015.7456602>.
- Pease, S. G., Sharpe, R., van Lopik, K., Goodall, P., Young, B., Conway, P. e West, A. (2020). An interoperable semantic service toolset with domain ontology for automated decision support in the end-of-life domain, *Future Generation Computer Systems* 112: 848–858. <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.06.008>.
- Rajbhandari, S. e Keizer, J. (2012). The agrovoc concept scheme - a walkthrough, *Journal of Integrative Agriculture* 11: 694–699. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(12\)60058-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(12)60058-6).
- Ren, Y., Parvizi, A., Mellish, C., Pan, J. Z., Van Deemter, K. e Stevens, R. (2014). Towards competency question-driven ontology authoring, *Lecture Notes in Computer Science* 8465: 752–767. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07443-6_50.
- Rodhe, I. e Karresand, M. (2015). Overview of formal methods in software engineering, *Technical Report FOI-R-4156-SE*, FOI Swedish Defence Research Agency.
- Staab, S. e Studer, R. (eds) (2009). *Handbook on Ontologies*, International Handbooks on Information Systems, 2 edn, Springer. <https://doi.org/10.1007/9783540926733>.
- Steinhöfel, E., Hussinki, H. e Bornemann, M. (2018). Evaluation of business models – preliminary results of a systematic literature review, *Proceedings of the International Forum on Knowledge Asset Dynamics*, Vol. 13, Delft, the Netherlands, pp. 1491–1505.
- Walisadeera, A. I., Ginige, A. e Wikramanayake, G. N. (2015). User centered ontology for Sri Lankan farmers, *Ecological Informatics* 26(P2): 140–150. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2014.07.008>.
- Yingbo, D. e Xia, H. (2019). Business modeling and reasoning based on process ontology, *ACM International Conference Proceeding Series*, pp. 143–147. <https://doi.org/10.1145/3338188.3338215>.
- Zamboni, A. B., Thommazo, A. D., Hernandez, E. C. M. e Fabbri, S. C. P. F. (2010). StArt: Uma ferramenta computacional de apoio à revisão sistemática, *Brazilian Conference on Software: Theory and Practice - Tools session*. http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start_tool.
- Zeleti, F. A. e Ojo, A. (2017). An ontology for open government data business model, *ACM International Conference Proceeding Series*, Vol. Part F1280, pp. 195–203. <https://doi.org/10.1145/3047273.3047327>.
- Zou, M., Basirati, M. R., Bauer, H., Kattner, N., Reinhart, G., Lindemann, U., Böhm, M., Krcmar, H. e Vogel-Heuser, B. (2019). Facilitating consistency of business model and technical models in product-service-systems development: An ontology approach, *IFAC-PapersOnLine* 52(13): 1229–1235. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.366>.