

Soberana: Ontologia para derivação de Modelos de Ecossistemas de Negócio para
Espaços de Dados Internacionais

Soberana: Ontology for deriving Business Ecosystem Models for International Data Spaces

DERIVAÇÃO DE MODELOS DE NEGÓCIO PARA IDS

Manoel Ricardo da CUNHA Junior¹  ORCID iD 0009-0009-9167-8469

Patrício de Alencar SILVA²  ORCID iD 0000-0001-6827-1024

Resumo

Dados desempenham um papel crucial nas operações contemporâneas das organizações. A necessidade de compartilhar informações entre entidades em contextos multinacionais levou ao surgimento dos Espaços de Dados Internacionais como uma opção que promove a segurança, a soberania e a confiabilidade na permuta de dados. No entanto, permanecem incógnitas diversas questões nesse contexto. Uma lacuna substancial é a ausência de modelos de negócios explícitos que habilitem as organizações a compreender o valor gerado pelos dados e as relações entre as partes envolvidas. O objetivo desta pesquisa foi desenvolver uma solução para derivar e formalizar modelos de negócios para acordos de compartilhamento de dados em Espaços de Dados Internacionais. A metodologia adotada foi a *Design Science*, aplicando como método principal a *Systematic Approach for Building Ontologies* para desenvolver uma ontologia de domínio de referência para Espaços de Dados Internacionais e uma ontologia operacional correspondente. Uma demonstração prática da ontologia, empregando dados de teste, resultou na derivação de modelos de acordos de compartilhamento de dados em diferentes organizações de ecossistemas. Essa ontologia oferece uma contribuição ao poder capacitar organizações na formulação de estratégias de negócios, no entendimento do funcionamento dos Espaços de Dados Internacionais e na análise de acordos de compartilhamento de dados.

Palavras-chave: Dados. Espaços de Dados Internacionais. Modelos de Negócio. Compartilhamento de Dados. Ontologia. Design Science.

¹ Universidade Federal Rural do Semi-árido, Centro de Ciências Exatas e Naturais, Departamento de Computação. Av. Francisco Mota, 572 - Bairro Costa e Silva, 59.625-900, Mossoró, RN, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: M. R. CUNHA. Email: manoelricardo38@gmail.com.

² Universidade Federal Rural do Semi-árido, Centro de Ciências Exatas e Naturais, Departamento de Computação. Av. Francisco Mota, 572 - Bairro Costa e Silva, 59.625-900, Mossoró, RN, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: P. A. SILVA. Email: patricio.alencar@ufersa.edu.br.

Abstract

Data plays a crucial role in contemporary organizational operations. The need to exchange information among entities in a multinational context has led to the emergence of International Data Spaces as an option that promotes security, sovereignty, and reliability in data exchange. However, several questions remain unanswered in this context. A substantial gap is the absence of explicit business models that enable organizations to understand the value generated by data and the relationships between the parties involved. The objective of this research was to develop a solution to derive and formalize business models for data sharing agreements in International Data Spaces. The adopted methodology was Design Science, making use of the Systematic Approach for Building Ontologies as the main method to develop a reference domain ontology for International Data Spaces and a corresponding operational ontology. A practical demonstration of the ontology, using test data, resulted in the derivation of data sharing agreement models in different ecosystem organizations present in the literature. This ontology provides a contribution to enable organizations to formulate business strategies, understand the functioning of International Data Spaces, and analyze data sharing agreements.

Keywords: *Data. International Data Spaces. Business Models. Data Exchange. Ontology. Design Science.*

Introdução

Ultimamente, o mundo corporativo de um modo geral tem enxergado a importância dos dados para geração de valor por serem componentes essenciais na resolução de problemas relacionados à eficiência produtiva e operacional de indústrias e empresas. Segundo Otto (2022), há quatro tipos de papéis que os dados desempenham nas empresas atualmente: o primeiro diz que os dados ainda são facilitadores operacionais dentro de uma empresa, a integração ou automação de processos de negócio requerem um ótimo gerenciamento de dados; o segundo diz que os dados têm se tornado um produto que pode ser vendido no mercado; o terceiro diz que os dados são fonte de inovação de negócio dentro de uma empresa, serviços orientados a dados requerem o acesso e a combinação de diferentes fontes de dados providas por diferentes membros em um ecossistema de negócios; e no quarto papel, Otto ressalta que o dado é considerado um recurso estratégico para a sustentabilidade a longo prazo da economia, e não é por acaso que a União Europeia estima que o valor da economia orientada a dados, *data economy* como é mais amplamente conhecida, será de 550 bilhões de euros (European Commission, 2020).

Jarke, Otto e Ram (2019) pontuam que a análise de dados, inteligência artificial e a automação de processos de negócio necessitam de uma riqueza crescente de dados. Portanto, para se manterem competitivas, as organizações precisam de informações de outros indivíduos e de outras organizações, não se restringindo apenas a dados internos e de fontes de dados públicas. Os autores ainda defendem que boa parte da permuta de dados requerida com a evolução dos processos econômicos devem ser semiautomatizadas e não mais depender de lentas negociações humanas.

Nesse sentido, o compartilhamento de dados entre organizações se caracteriza pelo uso colaborativo de dados de diferentes fontes para atingir um objetivo compartilhado, formando assim um ecossistema de dados, considerando que este seja uma forma multilateral de organização para atingir um objetivo comum (Otto, 2022). Tal compartilhamento pode proporcionar inúmeros serviços inovativos às organizações, com a ideia de que quanto mais atores participam desse ecossistema compartilhando dados, mais benefícios terão cada um dos atores e todo o ecossistema.

Todavia, uma preocupação relevante pode surgir com relação ao compartilhamento de dados, pois pode-se imaginar que o compartilhamento possa servir como ameaça de natureza competitiva para a organização, ocasionada pela extração de conhecimento profundo de seus dados (Jarke; Otto; Ram, 2019). Em outras palavras, se não houver controle de uso e de acesso aos dados, poderá haver consequências negativas para as organizações. Portanto, um dos requisitos para o bom funcionamento dos ecossistemas de dados é a *soberania de dados*, conceito que Otto (2022) define como a capacidade de uma entidade determinar e executar direitos de uso quando se trata de seus dados.

A soberania de dados está intimamente relacionada ao conceito de espaço de dados, exatamente por ser um dos princípios que regem o projeto desses espaços. Os espaços de dados podem ser entendidos através de sua própria constituição. Segundo Otto (2022), os papéis fundamentais presentes em um espaço de dados são: o *Data Provider* (Provedor de Dados), responsável por publicar a fonte de dados, performar a troca de dados e restringir o uso dos dados através de políticas; o *Data Consumer* (Consumidor de Dados), responsável por buscar fontes de dados, requisitar a troca de dados e fazer o uso dos dados conforme a política estabelecida; e o *Federator* (Federador), que serve como intermediário entre o consumidor e o provedor, é responsável por fornecer serviços de segurança dos dados, confiança entre os participantes, registro das transações e soberania de dados. A infraestrutura de software que suporta esses espaços de dados deve promover a confiança, interoperabilidade, portabilidade e a própria soberania sobre os dados (Otto, 2022). Portanto, o espaço de dados dá suporte a um ecossistema de dados.

Na Europa, a iniciativa *International Data Spaces* (Espaços de Dados Internacionais, em tradução livre), ou IDS como é conhecida, lançada em 2015 com um projeto de pesquisa do Instituto Fraunhofer financiado pelo Ministério de Educação e Pesquisa da Alemanha, bem

como a *IDS Association*, ou IDSA, que é uma associação da indústria sem fins lucrativos, objetivaram o desenvolvimento de arquiteturas de software distribuídas que favorecessem a soberania de dados, seus esforços resultaram na construção de um modelo de arquitetura de referência IDS que atualmente é conhecido como IDS RAM (Otto, 2022). Tal modelo de referência se propõe a ser agnóstico de tecnologia e descreve a arquitetura de software necessária em um espaço de dados de forma que promova o compartilhamento de dados confiável e soberano em ecossistemas de negócio.

Antes da consolidação da IDSA e das pesquisas em IDS, um precursor deste movimento em busca de espaços digitais seguros para permuta de dados foi a iniciativa *Industrial Data Space* (Espaço de Dados Industrial, em tradução livre). A iniciativa foi lançada em 2014 pelo Instituto Fraunhofer na Alemanha e seu principal objetivo era facilitar a troca de dados entre um provedor de dados e um usuário de dados (Otto *et al.*, 2016).

Um Espaço de Dados Industrial pode ser entendido a partir de sua constituição, que muito se parece com o espaço de dados discutido anteriormente, seu originário essencial. Sendo assim, um Espaço de Dados Industrial é formado por: *Data Provider* (Provedor de Dados), quem possui as fontes de dados e oferece os dados aos outros participantes do espaço, bem como adiciona os termos e condições a esses dados; *Data User* (Usuário dos Dados), atua recebendo os dados de outros participantes e fazendo uso deles; *Broker* (ator de registro intermediário), que funciona como um registro de fontes de dados, o qual pode ser acessado pelo *Data Provider* ou *Data User* para que ambos se encontrem e realizem acordos; *AppStore Operator* (Operador de Loja de Aplicativo), responsável por ser um repositório de softwares desenvolvidos pelos participantes do espaço para serem comprados e usados por outros participantes, especialmente quando esses softwares estão relacionados a serviços de dados; *Certification Authority* (Autoridade de Certificação), responsável por garantir que todos os componentes de softwares do Espaço de Dados Industrial estejam em conformidade com os requisitos, regras e padrões estabelecidos conjuntamente entre os participantes. (Otto *et al.*, 2016).

É importante ressaltar que a ideia por trás dos espaços de dados, assim como dos Espaços de Dados Industriais, é que os dados brutos sejam trocados sem a necessidade de um terceiro ator central, portanto, eles são trocados diretamente entre os participantes, formando um tipo de organização descentralizada e distribuída. Tal característica também se faz presente nos Espaços de Dados Internacionais. Estes espaços podem ser entendidos, assim como seus precursores, pela maneira como são constituídos.

Antes de serem endereçados os papéis e componentes que constituem um IDS, é relevante ressaltar os objetivos dessa iniciativa. Segundo Pettenpohl, Spiekermann e Both (2022): o primeiro deles é *confiança*, principal requisito para se estabelecer o compartilhamento de dados em um ecossistema de dados; o segundo diz respeito à *segurança* no espaço de dados, ela própria serve para garantir confiança e soberania dos

dados; o terceiro diz respeito à *soberania de dados* por si própria; o quarto diz respeito à *formação de ecossistema de dados*, que parte da premissa de que atores sozinhos não detém de todos os dados que precisam para prosperar; o quinto, e último objetivo, diz respeito a uma *interoperabilidade padronizada*, pois o que se espera é que vários ecossistemas troquem diferentes tipos de dados, em diferentes formatos e protocolos.

Todos esses objetivos devem nortear a formação dos Espaços de Dados Internacionais. Dessa maneira, cada componente ou ator dentro de um IDS deve ser concebido de forma a colaborar com tais objetivos. Pettenpohl, Spiekermann e Both (2022) trazem a partir do IDS RAM (IDSA, 2023) os componentes de um Espaço de Dados Internacional: *Conector IDS*, um dos principais componentes do espaço de dados pois garante a manutenção da soberania de dados ao mesmo tempo que funciona como uma interface entre os sistemas internos dos participantes e o ecossistema no geral. Dependendo de como for configurado, pode oferecer diversos serviços como a aplicação das políticas de dados sobre os dados compartilhados, registro de transações para fins de auditoria, entre outros; *Identity Provider* (Provedor de Identidade), responsável por criar, manter, gerenciar, monitorar e validar a identidade dos participantes de um IDS, especialmente para fins de controle de acesso; *Metadata Broker*, que funciona como o *Broker* do Espaço de Dados Industrial, isto é, mantém um registro sobre as fontes dos dados; *Clearing House* (Casa de Compensação), que provê serviços de compensação e liquidação para todas as transações financeiras e de troca de dados em um IDS, todos os detalhes das transações devem ser registrados nesse componente para que ele permita auditoria e serviços de reversão em caso de falhas nas transações. Cabe destacar que esta função, no caso dos Espaços de Dados Industriais, era imbuída no *Broker*; *AppStore*, componente que funciona como o *AppStore Operator* dos Espaços de Dados Industriais; *Vocabulary Provider* (Provedor de Vocabulário), componente responsável por prover vocabulários de domínio específico que descrevem conjuntos de dados.

Além dos componentes, os participantes de um IDS podem desempenhar vários papéis, em um nível de compreensão mais estendido do que a concepção de espaço de dados e Espaço de Dados Industrial. Segundo Pettenpohl, Spiekermann e Both (2022), os papéis-núcleo (Categoria 1) de um IDS são: *Data Owner* (Proprietário dos Dados), entidade que criou ou exerce controle sobre os dados e é capaz de definir suas políticas de uso, bem como promover acesso a eles; *Data Provider*, responsável por prover os dados para o *Data Consumer*, frequentemente acumula o papel de *Data Owner*; *Data Consumer*, recebe os dados do *Data Provider*; *Data User*, entidade que recebe o direito de usar os dados conforme política de uso definida pelo *Data Owner*, comumente acumula o papel de *Data Consumer*; *App Provider* (Provedor de Aplicativos), responsável pelo desenvolvimento de aplicativos que poderão ser usados em um IDS, os quais devem estar em conformidade com a arquitetura de um IDS e podem ser certificados para favorecerem maior confiança.

Os papéis intermediários (Categoria 2) já foram discutidos, são eles: *Metadata Broker*, *Clearing House*, *AppStore*, *Vocabulary Provider* e *Identity Provider*. Todos esses papéis devem ser assumidos por organizações confiáveis, pois são componentes centralizados. Existem também os papéis de *Software Provider* (Provedor de Software) e *Service Provider* (Provedor de Serviço) (Categoria 3). Os *Software Providers* desenvolvem softwares requeridos por um IDS, mas que não são entregues através da *AppStore*, são entregues através de canais próprios dos *Software Providers* em acordos individuais com os demais participantes de um IDS. Já os *Service Providers* proveem infraestrutura adequada para outras organizações participarem de um IDS, como por exemplo, se uma organização não tem uma infraestrutura técnica adequada, ela pode utilizar de um *Service Provider* para tornar os dados disponíveis em um IDS (Pettenpohl, Spiekermann e Both, 2022).

Por fim, os papéis de governança (Categoria 4) que correspondem a: a própria IDSA, como uma associação que busca o desenvolvimento contínuo do IDS RAM e do fomento de grupos de trabalho para tópicos específicos; e o *Certification Body* (Corpo de Certificação) e *Evaluation Facilities* (Facilitadores de Avaliação), responsáveis pela certificação de todos os participantes e de todos os componentes dos Espaços de Dados Internacionais.

Otto (2022) pontua que com todas essas infraestruturas (papéis, componentes e suas respectivas responsabilidades etc.), muitas partes interessadas podem estar preocupadas no que concerne ao projeto, implementação e manutenção desses espaços, assim como questões relativas à governança, abertura a novos entrantes e o financiamento. Segundo Otto, muitas dessas questões ainda não estão resolvidas. De acordo com o autor, aspectos econômicos da economia de plataforma também se aplicam aos espaços de dados, como os efeitos de rede. Portanto, quanto mais fontes de dados estiverem presentes nos espaços de dados, mais atraente ele será para os consumidores de dados, e consequentemente, mais rentável para os provedores de dados. Por isso, o incentivo para a entrada de novos provedores de dados é muito importante para o crescimento dos espaços de dados. Dessa forma, Otto (2022) defende que investimentos em espaços de dados devem ser realizados antes mesmo que serviços orientados a dados possam surgir.

Além destes apontamentos de Otto sobre a falta de respostas para perguntas pertinentes aos espaços de dados, Nagel e Lycklama (2022) trazem à tona o problema da falta de modelos de negócio que suportem novas organizações de negócios. Estes modelos se mostram necessários para promover o entendimento às partes interessadas sobre a geração de valor que os dados podem oferecer, bem como servem para averiguar pragmaticamente as relações entre as próprias partes nas negociações.

Os dados são um novo tipo de recurso que pode ser usado e reutilizado em diferentes cenários, gerando mais ou menos valor comercial (dependendo do contexto, disponibilidade, precisão etc.). Os modelos de negócios comuns não são capazes de apoiar adequadamente as crescentes necessidades dos negócios. Portanto, é importante definir e criar um arcabouço de negócios

capaz de apoiar novas constelações de negócios. Isso ajudaria as partes interessadas de um ecossistema a entender tanto as potenciais relações entre si quanto o(s) modelo(s) de negócios subjacente(s). (Nagel; Lycklama, 2022, p. 22, tradução livre)³.

Portanto, considerando os problemas mencionados acerca da necessidade e melhor entendimento das partes interessadas sobre o funcionamento e proposta de valor dos Espaços de Dados Internacionais, o objetivo deste artigo é responder a seguinte questão geral de pesquisa: Como formalizar modelos de negócios para os acordos de compartilhamento de dados em Espaços de Dados Internacionais?

A motivação para abordar essa questão de pesquisa é tripla. *Primeiro*, comunicar as formas organizacionais de constituição dos espaços em modelos de negócios explícitos é importante para atrair investidores e usuários de tecnologia reais para os ecossistemas IDS. *Segundo*, pode ser benéfico para uma empresa decidir qual modelo de acordo de compartilhamento de dados se encaixa melhor em sua maturidade organizacional e técnica para ingressar em um ecossistema IDS (Gort, 2021). *Terceiro*, tais modelos podem fornecer uma visão mais aprofundada do que é necessário para implementar um ecossistema IDS, pois eles apoiam: (i) avaliar a viabilidade econômica de uma empresa ao ingressar em um tipo específico de acordo de compartilhamento de dados; e (ii) configurar processos de negócios para realizar as permutas de dados (Braud *et al.*, 2021; Jarke, 2020; Otto, 2019; Pedreira *et al.*, 2021).

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: A próxima seção apresenta os procedimentos metodológicos, descrição da metodologia geral de pesquisa, do conjunto-problema, do conjunto-solução e dos métodos utilizados; A seção de resultados e discussões apresenta uma ontologia, que foi desenvolvida a fim de responder à questão geral de pesquisa, sua especificação e verificação, assim como os resultados das consultas à ontologia e derivação de modelos de acordos de compartilhamento de dados; Por fim, a seção de conclusão apresenta um breve sumário de pesquisa, limitações e trabalhos futuros.

Procedimentos Metodológicos

A metodologia de pesquisa *Design Science* foi adotada para o desenvolvimento deste trabalho. Segundo Wieringa (2014), tal metodologia se constitui do projeto e investigação de artefatos em um contexto. Para a fase de projeto do artefato é importante conhecer o contexto social das partes interessadas e seus objetivos. Para a fase de investigação do artefato, é

³ As data is a new type of asset that can be used and reused in different scenarios generating more or less business value (depending on context, availability, accuracy, etc.), common business models are not capable of adequately supporting the growing needs of business. It is therefore important to define and create a business framework capable of supporting new business constellations. This would help the stakeholders of an ecosystem understand both the potential relationships between each other and the underlying business model(s).

necessário deter conhecimento sobre o contexto do problema, uma vez que ele servirá como base para a pesquisa e será expandido por ela. Um ressaltado importante é que o artefato por si não resolve o problema, mas a interação entre o artefato e o contexto do problema que podem gerar solução (Wieringa, 2014).

Em conformidade com Wieringa (2009), a questão geral de pesquisa (QGP) pode ser decomposta em questões conceituais (QC), questões técnicas (QT) e questões práticas (QP). As questões conceituais buscam entender os fenômenos, isto é, como o objeto de estudo está ou funciona. As questões técnicas estão relacionadas a como os artefatos são construídos. As questões práticas referem-se à utilidade dos artefatos para as partes interessadas. A resolução destas questões contribui para a resolução da questão geral de pesquisa. Sendo assim, as questões de pesquisa constituem o conjunto-problema a ser tratado. A seguir, o conjunto-problema deste trabalho é apresentado através de suas questões de pesquisa organizadas segundo a classificação discutida:

1. **QC:** Como ocorre os acordos de compartilhamento de dados em Espaços de Dados Internacionais?
2. **QT:** Como construir modelos de negócio que representem os acordos de compartilhamento de dados em Espaços de Dados Internacionais?
3. **QP:** Os modelos de negócio dos acordos de compartilhamento de dados em Espaços de Dados Internacionais podem auxiliar as organizações sobre o entendimento da proposta de valor dos Espaços de Dados Internacionais?

Na tentativa de responder às questões de pesquisa, foram aplicados alguns métodos com o propósito de formar um conjunto-solução para o conjunto-problema apresentado. O conjunto-solução é composto pelos resultados obtidos com a utilização dos métodos e contribui para satisfazer os objetivos da pesquisa. A metodologia geral de pesquisa, portanto, se desenvolve através do emprego de métodos sobre o conjunto-problema para gerar o conjunto-solução. A seguir, são apresentados os métodos empregados neste trabalho.

1. **Revisão de Literatura:** Foi realizada uma revisão de literatura através de pesquisas objetivando responder à questão conceitual formulada. A pretensão da revisão foi de entender o funcionamento dos Espaços de Dados Internacionais, seus atores, componentes e interações. Além disso, a revisão teve como finalidade encontrar trabalhos relacionados que oferecessem modelos de negócio como representação dos ecossistemas IDS.
2. **Modelagem Conceitual (Engenharia de Ontologias):** Para responder à questão técnica, foi utilizada a metodologia *Systematic Approach for Building Ontologies* (SABIO) para o desenvolvimento de uma ontologia de domínio. O propósito do desenvolvimento da ontologia foi de proporcionar aos utilizadores um ferramental

conceitual bem fundamentado e relacionado para derivação de modelos de acordos de compartilhamento de dados em IDS.

3. **Demonstração de Modelos:** Para responder à questão prática, foram realizados testes de verificação com a ontologia desenvolvida a fim de demonstrar sua utilidade através da derivação de modelos de ecossistemas de espaços de dados presentes na literatura. São elencados por Otto (2022) três modelos gerais: ecossistema fechado, ecossistema aberto e ecossistema federado. Tais modelos serão discutidos em detalhes na seção de Resultados e Discussões.

Systematic Approach for Building Ontologies (SABiO)

Esta abordagem de desenvolvimento de ontologias é focada na implementação de ontologias de domínio, ou seja, ontologias que descrevem o vocabulário de um domínio específico, geralmente especializando termos de uma ontologia de alto nível. Com a SABiO, podem ser desenvolvidos dois tipos de ontologias: ontologias de referência e ontologias operacionais. Ontologias de referência são um tipo de modelo conceitual para discussão e acordo entre humanos, enquanto uma ontologia operacional é um artefato que pode ser interpretado por uma máquina. (Falbo, 2014).

O processo de desenvolvimento, como apresentado na Figura 1, consiste em: Identificação da Finalidade e Elicitação de Requisitos; Captura e Formalização da Ontologia; Projeto; Implementação; e Teste. Além do fluxo principal, a metodologia também especifica alguns processos de suporte como Aquisição de Conhecimento, Documentação, Avaliação, Reuso e Gerenciamento de Configurações. (Falbo, 2014).

A etapa de Identificação da Finalidade e Elicitação de Requisitos compreende a identificação da razão de existência da ontologia e seus casos de uso. Seus requisitos funcionais são formados por um grupo de questões de competência que devem ser respondidas pela ontologia. No caso deste trabalho, os casos de uso e requisitos foram baseados em achados da literatura e em padrões de referência como o RAM da IDSA.

Na segunda etapa, de Captura e Formalização da Ontologia, os conceitos e suas relações devem ser identificados. A metodologia recomenda a utilização da linguagem de representação de ontologias OntoUML como um instrumento, sobretudo, para desenvolvimento de um modelo gráfico, mas também por proporcionar ao engenheiro de ontologias uma linguagem de modelagem altamente expressiva e baseada em uma ontologia de alto nível (*Unified Foundational Ontology* - UFO). A Captura do domínio da ontologia é altamente apoiada pelo processo de Aquisição de Conhecimento, que neste trabalho compreende o método de Revisão de Literatura. O domínio da ontologia foi sendo construído através da aquisição de conhecimento com livros, artigos e modelos de referência. Ao fim

desta etapa, o primeiro artefato é gerado, a ontologia de referência como um modelo OntoUML.

Na etapa de Projeto, o modelo conceitual obtido serve como entrada para o processo de especificação de projeto que leva em conta questões tecnológicas (relativas a requisitos não-funcionais da ontologia), questões arquiteturais e a definição de um ambiente de implementação. Os principais esforços dessa etapa servem para chegar a uma ontologia operacional baseada na ontologia de referência. As definições de projeto culminam na etapa de Implementação, que consiste no desenvolvimento da ontologia na linguagem operacional escolhida. No caso da ontologia proposta por este trabalho, o ambiente de desenvolvimento escolhido foi o software Protegé (versão 5.6.1) e a *Ontology Web Language* (OWL). Ao fim dessas duas etapas, o artefato produzido é uma ontologia operacional.

A última etapa do fluxo principal de desenvolvimento compreende a etapa de Teste. Esta etapa consiste na verificação e validação do comportamento da ontologia através da execução de um conjunto de casos de teste e comparação com o comportamento esperado. Um caso de teste é a implementação de uma questão de competência em forma de consulta à ontologia. O teste de validação também pode ser realizado utilizando a ontologia operacional em um de seus casos de uso.

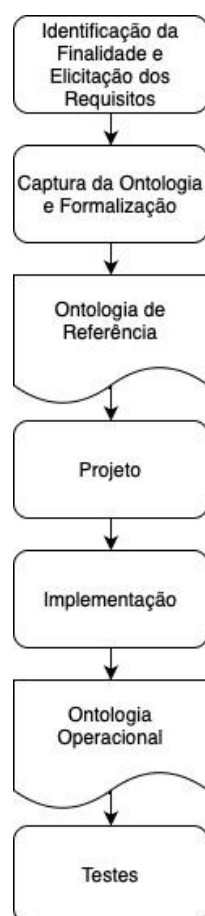


Figura 1. Processo de Desenvolvimento da SABiO. (Autoria Própria)

OntoUML

OntoUML é uma linguagem ontologicamente bem fundamentada para a modelagem conceitual de ontologias teoricamente sólidas. Em termos básicos, ela consiste em uma extensão da *Unified Modeling Language* (UML) que utiliza dos conceitos e propriedades definidos pela UFO (Guizzardi, 2015). Sua estrutura de modelagem é o diagrama de classes da UML, isso permite modelar os conceitos do domínio por meio de classes e suas relações através de associações. Tanto as classes como suas relações têm estereótipos fornecidos pela OntoUML que remetem aos conceitos e relacionamentos definidos na UFO.

Cabe destacar brevemente alguns dos principais estereótipos utilizados na concepção da ontologia de referência deste trabalho. Dentre os estereótipos de classe há: *Kind* (Tipo), é um tipo rígido (definem características essenciais às suas instâncias) e representa um complexo funcional, ou seja, um todo composto por partes que contribuem para sua funcionalidade; *Role* (Papel), é um tipo anti-rígido (definem características mutáveis às suas instâncias) e são literalmente papéis que podem ser interpretados por instâncias; *Relator* (Relator), é um conceito que representa uma relação material entre duas ou mais entidades; *Category* (Categoria), é um tipo rígido que serve para agregar propriedades essenciais comuns a indivíduos com princípios de identidade diferentes; e *Mode* (Modo), é um tipo rígido que representa um aspecto ou característica intrínseca ao seu portador. Mais informações sobre os estereótipos de classe ou de relacionamentos e a sintaxe da linguagem podem ser encontradas na documentação da OntoUML⁴.

Vale destacar que a ontologia de referência deste trabalho foi verificada quanto à conformidade com sintaxe da linguagem utilizando uma ferramenta *open-source* de checagem de modelos para análise de ontologias em OntoUML provida por Fonseca *et al.* (2021) através do plugin de OntoUML⁵ (versão 0.5.3) para o software de modelagem VisualParadigm (versão 17.1).

Resultados e Discussões

Como resultado, este trabalho propõe a ontologia batizada Soberana (SBRN). Trata-se de uma ontologia operacional que especifica o domínio de ecossistemas básicos de IDS, resultado da aplicação do método SABiO descrito na seção anterior. Esta seção apresentará a ontologia em sua primeira forma, uma ontologia de referência, através de seu modelo gráfico descrito em OntoUML. Devido à complexidade geral do modelo, a apresentação se dará por visões que descrevem partes isoladas da ontologia e que

⁴ <https://ontouml.readthedocs.io/en/latest/index.html>

⁵ <https://github.com/OntoUML/ontouml-vp-plugin>

compõem o modelo completo. O modelo completo, visões e a ontologia serializada em OWL podem ser acessados através do repositório GitHub disponibilizado em nota⁶.

Documento de Especificação de Requisitos da Ontologia

O Quadro 1 apresenta a especificação de requisitos da SBRN. O documento segue o método de especificação elaborado por Suárez-Figueroa, Gómez-Pérez e Villazón-Terrazas (2009) e contém o objetivo da ontologia, o escopo, a linguagem de implementação utilizada, os usuários finais previstos, os casos de uso, os requisitos funcionais, que se constituem pelo grupo de questões de competência, e os requisitos não-funcionais.

Quadro 1. Documento de Especificação de Requisitos da Ontologia. (Autoria Própria)

Documento de Especificação de Requisitos da Ontologia	
1	Objetivo
Apresentar um modelo conceitual básico do domínio de IDS e entregar ao utilizador a visão sobre os aspectos de soberania dos dados, legitimidade dos participantes e do acordo econômico pela permuta de dados dentro desses espaços. Com a ontologia, deve ser possível instanciar modelos de organização de IDS segundo os parâmetros do RAM-IDSA, bem como recuperar informações que permitam a análise dos modelos nos três aspectos mencionados.	
2	Escopo
A ontologia é direcionada à modelagem de formas de organização de IDS com seus componentes básicos concentrando-se somente em aspectos econômicos, de soberania de dados e legitimidade. Seu nível de detalhes está diretamente relacionado às questões de competência.	
3	Linguagem de Implementação
A ontologia de referência deve ser implementada em OntoUML, serializada em Turtle e operacionalizada em OWL.	
4	Usuários Finais Previstos
1. Gestores e empreendedores; 2. Organizações públicas e privadas; 3. Engenheiros de Software.	
5	Casos de Uso
1. Auxiliar na elaboração ou análise de modelos de negócio em IDS; 2. Permitir o entendimento da proposta de valor de IDS sob os aspectos de soberania de dados, legitimidade e de acordo econômico; 3. Servir como modelo de referência para desenvolvimento de softwares para IDS ou de modelagem gráfica de IDS.	
6	Requisitos da Ontologia
a) Requisitos Não-Funcionais	
RNF 1. Disponibilidade na internet; RNF 2. A ontologia deve ser desenvolvida e documentada pelo menos em inglês; RNF 3. A ontologia deve ser interoperável com outras ontologias da mesma família meta-conceitual de ontologias derivadas da UFO.	
b) Requisitos Funcionais: Grupo de Questões de Competência	
QC1. Quem são os proprietários soberanos sobre seus dados? QC2. Quem são os participantes legítimos do IDS? QC3. Quais são as ofertas de dados realizadas? QC4. Quem está realizando acordos econômicos de compartilhamento de dados? QC5. Quais os objetos de valor negociados nos acordos econômicos?	

⁶ <https://github.com/junior-ch-rc/soberana>

Visão Basilar

A Figura 2 mostra o núcleo básico de um ecossistema IDS descrito em linguagem OntoUML. Portanto, como é possível observar, um ecossistema de IDS tem em sua essência eventos de *Data Exchange* (Permuta/Compartilhamento de dados). Esses eventos são compostos por muitas instâncias de *Actor* (Ator), *Activity* (Atividade) e *Resource* (Recurso). A ideia principal é que os atores desempenhem atividades, que por sua vez, manipulam recursos.

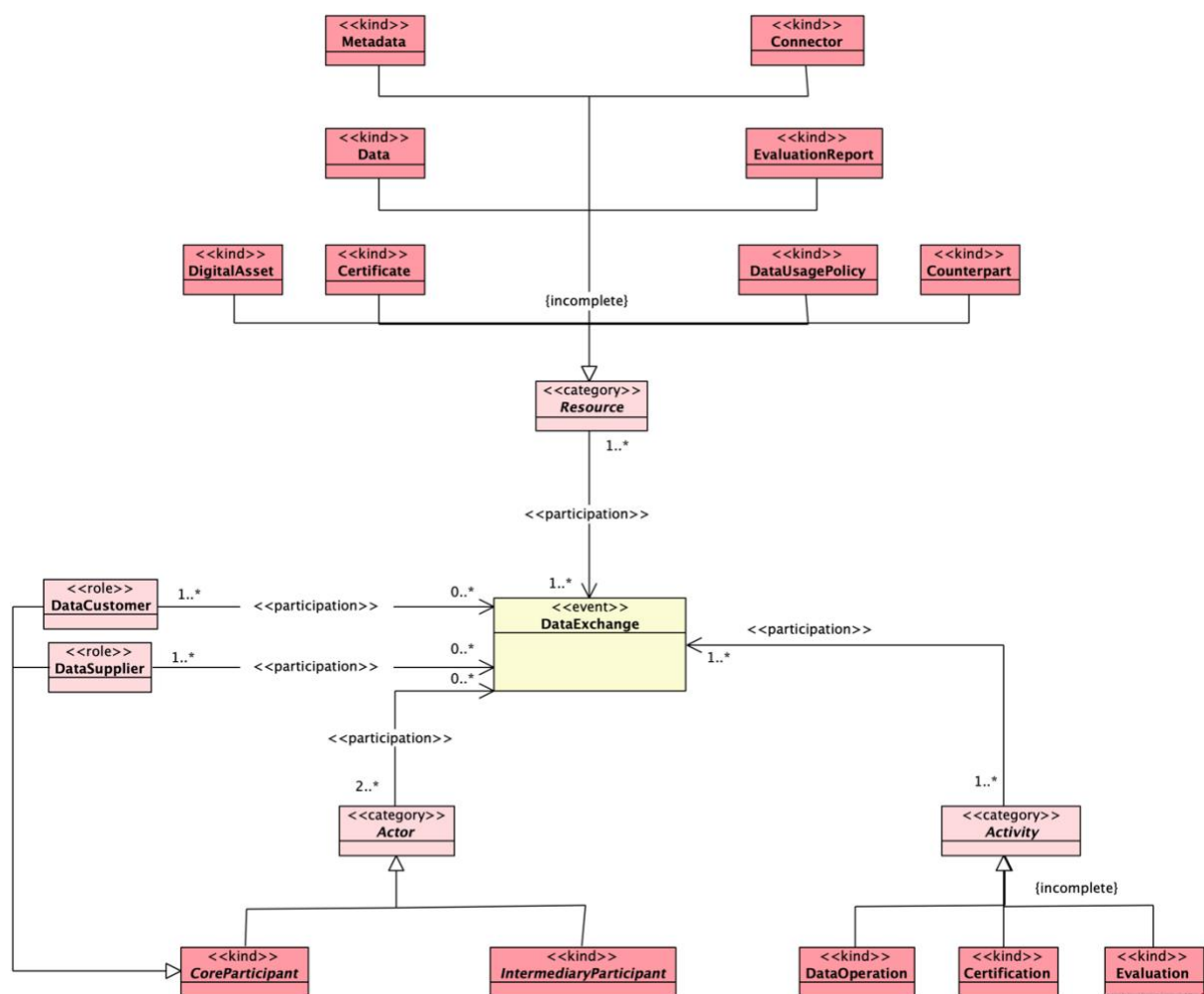


Figura 2. Visão básica e geral de um ecossistema IDS. (Autoria Própria)

Um evento de permuta de dados básico em IDS deve conter pelo menos dois atores, estes são especificados por uma relação de participação direta e são: *Data Supplier* (que representa aquele que fornece dados ao ecossistema, aglutinando as responsabilidades do *Data Owner* e *Data Provider*), *Data Customer* (que representa aquele que consome os dados, aglutinando as responsabilidades do *Data User* e *Data Consumer*). Os atores mencionados correspondem a papéis que representam o tipo de *CoreParticipant* (Participante Principal). Há também o *IntermediaryParticipant*

(Participante Intermediário) que representa instâncias de atores de suporte no ecossistema IDS.

Os recursos manipulados em uma permuta de dados se especializam em *Data* (Dado), *Metadata* (Metadado), *DataUsagePolicy* (Política de Uso de Dados), *EvaluationReport* (Relatório de Avaliação), *Certificate* (Certificado), *Connector* (Conector IDS), *DigitalAsset* (Ativo Digital) e *Counterpart* (Contrapartida). Já as atividades desempenhadas pelos atores em um ecossistema básico são *DataOperation* (Operação de Dado, envolve todas as operações possíveis de manipulação de dados em IDS), *Certification* (Certificação) e *Evaluation* (Avaliação). Todas essas especializações são incompletas, existem outros atores, atividades e recursos especificados na RAM da IDSA, porém, se retrata aqui um ecossistema básico.

Visão de Soberania

Por intermédio da revisão realizada por Hummel *et al.* (2021), foi apresentada a constatação da relação entre os termos soberania de dados e alguns aspectos de valor, dentre os quais, destacam-se “controle e poder” e “propriedade”. Sendo assim, em acordo com Braud *et al.* (2021), para assegurar a soberania de dados é necessário prover aos proprietários total controle e poder sobre seus dados, isso requer uma definição de restrições no uso do dados, especificando o que é permitido fazer com os dados e em qual contexto.

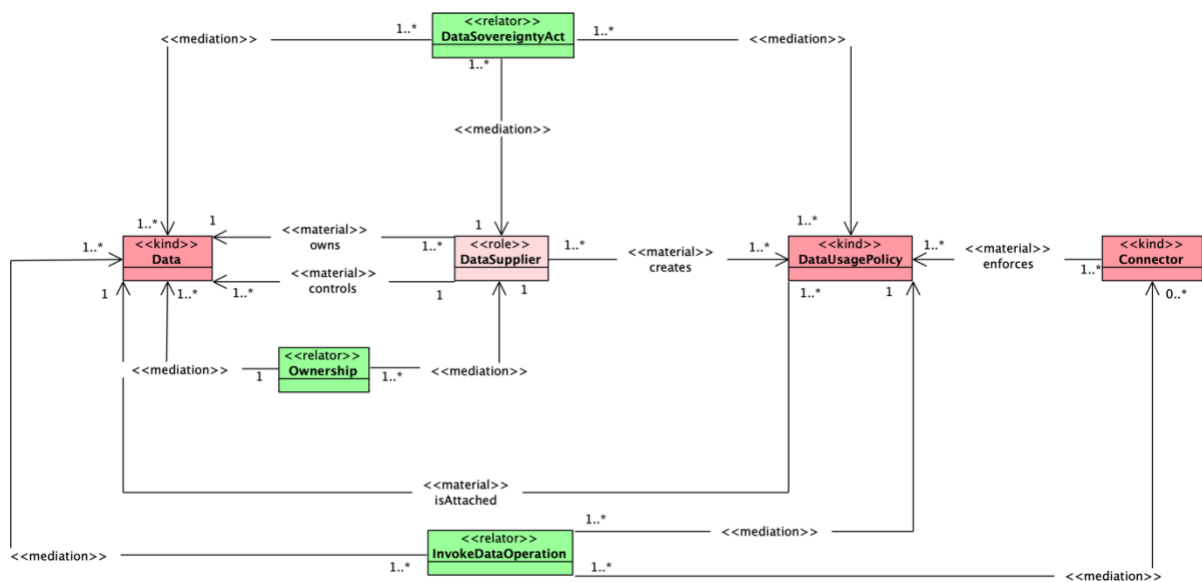


Figura 3. Visão de soberania dos dados. (Autoria Própria)

Desse mesmo modo, a soberania de dados em um ecossistema IDS se materializa através de uma política de uso de dados. O fornecedor dos dados, que detém a propriedade do ativo, deve ter garantias de que essa política será seguida por aqueles que

utilizam os dados. Dessa forma, a Figura 3 retrata de forma ontológica as relações que constituem a soberania. O fornecedor dos dados, através de uma relação de *Ownership* (Propriedade) detém os dados e através de um *DataSovereigntyAct* (Ato de Soberania de Dados) controla os dados. Em um ato de soberania, o fornecedor dos dados também cria uma política de uso de dados que é anexada aos dados através de um *InvokeDataOperation* (Invocação de Operação de Dados). O consumidor dos dados é capaz de invocar alguma operação de dados e, nessa circunstância, o conector é responsável por anexar aos dados a sua respectiva política de uso e assegurar que ela será usada. Por esta configuração, a soberania fica garantida.

Visão de Legitimidade

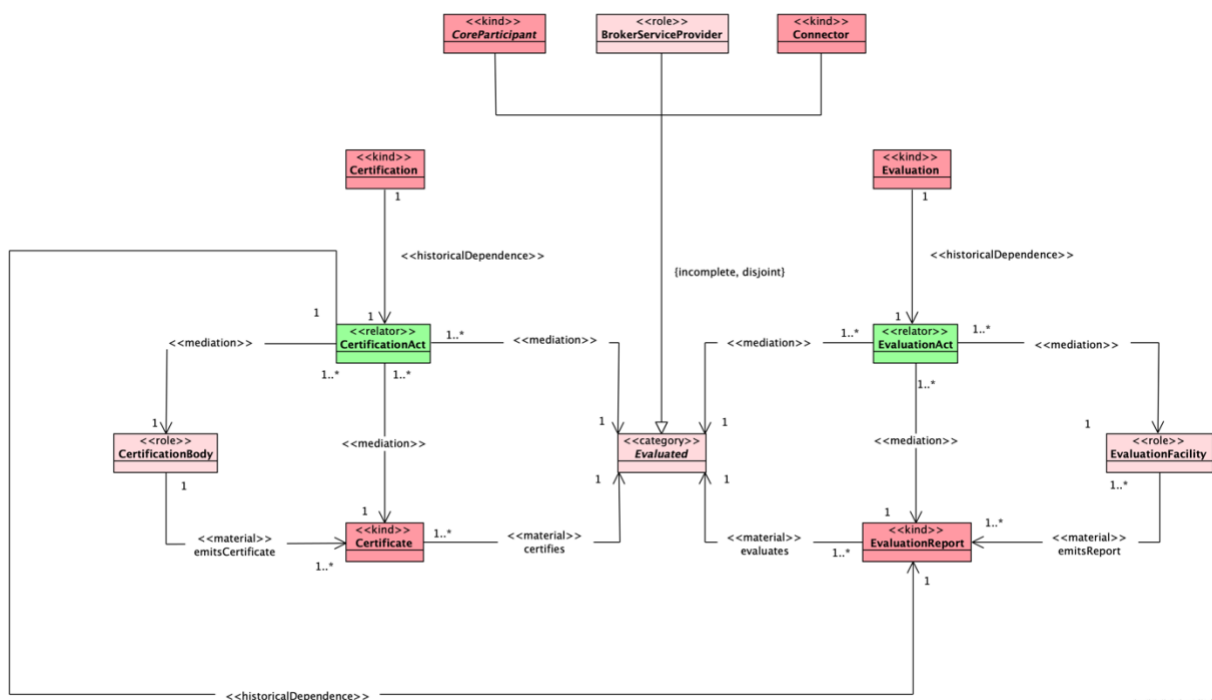


Figura 4. Visão de legitimidade. (Autoria própria)

A legitimidade em ecossistemas IDS é um conceito que se forma através de duas atividades obedecendo aos procedimentos especificados pela IDSA (2023). A primeira delas é a de avaliação, efetuada por um participante intermediário chamado *EvaluationFacility* (Facilitador de Avaliação ou Agência de Avaliação) através de um *EvaluationAct* (Ato de Avaliação). O recurso que provém de um ato de avaliação é um relatório de avaliação que tem uma relação (*evaluates*, ou avalia) com uma categoria chamada *Evaluated* (Avaliado), que se especializa em participantes principais, *BrokerServiceProvider* (Ator intermediário gerenciador de metadados) e conectores. Portanto, alguns participantes e recursos devem ser avaliados antes de plenamente exercerem suas atribuições em um ecossistema IDS.

Os participantes devem ser não apenas avaliados, mas também certificados. O processo de certificação segue um fluxo parecido, porém a atividade de certificação (*Certification*) é realizada por outro participante intermediário chamado de *CertificationBody* (Corpo de Certificação) através de um *CertificationAct* (Ato de Certificação). O recurso proveniente do ato de certificação é o certificado que tem uma relação (*certifies*, ou certifica) com a categoria dos avaliados. Além disso, um ato de certificação tem uma dependência histórica de um relatório de avaliação, portanto, o processo de avaliação deve preceder a certificação. A Figura 4 expõe os dois processos que compõem o aspecto de legitimidade de um ecossistema IDS.

Visão de Oferta na Permuta de Dados

As visões de oferta e de acordo econômico em eventos de permuta de dados reutilizam conceitos da ontologia para representação de permutas econômicas proposta por Porello *et al.* (2020). Esta ontologia segue uma visão de que permutas econômicas são baseadas em acordos sobre as ações que os agentes econômicos estão comprometidos a desempenhar. Portanto, as permutas de dados vistas sob o ponto de vista do aspecto econômico se caracterizam, em alto nível, como permutas econômicas. Por ser descrita em OntoUML, a ontologia se mostrou totalmente interoperável com a SBRN.

O primeiro passo para a definição de um acordo econômico é um evento de oferta, representado na Figura 5 pela entidade *Offer*. O evento de oferta tem como participantes o fornecedor dos dados e o consumidor dos dados. O mesmo evento cria um relator chamado *EconomicOffering* (Oferta Econômica) que media a relação entre o fornecedor dos dados e o consumidor dos dados. A oferta econômica entendida como uma relação é composta por dois aspectos estereotipados como *mode*. O primeiro deles é o aspecto de *ConditionalCommitment* (Compromisso Condicional) que caracteriza o fornecedor dos dados e consiste em um compromisso condicional que ele deve assumir. O segundo aspecto é o *ConditionalClaim* (Reinvindicação Condicional) que caracteriza o consumidor dos dados e consiste em uma reinvindicação condicional por parte do consumidor dos dados. Vale ressaltar que o fornecedor dos dados tem uma dependência externa da reinvindicação do consumidor, do mesmo modo, o consumidor dos dados tem uma dependência externa do compromisso do fornecedor. Estas dependências externas fortificam a noção de reciprocidade econômica representada no modelo.

O compromisso que caracteriza o fornecedor de dados é uma dependência histórica de um relator chamado *MetadataAssignment* (Atribuição de Metadados). Este relator representa o processo desempenhado pelo fornecedor dos dados de publicar os metadados referentes aos seus dados no *Broker*. Já a reinvindicação exercida pelo consumidor de dados é uma dependência histórica de um relator chamado

MetadataRetrival (Recuperação de Metadados), este relator representa o processo desempenhado pelo consumidor de dados de recuperar os metadados que estão publicados no *Broker*. É dessa forma que se constitui uma oferta, do ponto de vista econômico, em um ecossistema IDS.

Visão de Acordo Econômico na Permuta de Dados

Depois de realizada a oferta econômica, os agentes econômicos se organizam a fim de realizarem de fato o acordo econômico. A Figura 6 representa o acordo econômico realizado entre o fornecedor dos dados e o consumidor dos dados. O acordo econômico consiste no relator *EconomicAgreement*, este relator tem uma dependência história do relator de *EconomicOffering*, como mencionado. O acordo econômico é composto por dois acordos incondicionais, isto é, absolutos. O primeiro é o *OfferorUnconditionalAgreement* (Acordo Incondicional do Ofertante) que caracteriza o fornecedor dos dados. O segundo deles é o *OffereeUnconditionalAgreement* (Acordo Incondicional do Beneficiário da Oferta) que caracteriza o consumidor dos dados. O acordo incondicional do fornecedor dos dados tem dependência histórica da existência uma ou mais instâncias de *DigitalAsset* (Ativo Digital), que por sua vez é composto pelo dado ofertado e a política de uso do dado. Já o acordo incondicional do usuário de dados é dar em troca dos dados uma contrapartida, por esse motivo que há uma dependência história da entidade *Counterpart*.

Vale ressaltar que o fornecedor dos dados tem uma dependência externa do acordo incondicional que caracteriza o consumidor, do mesmo modo, o consumidor dos dados tem uma dependência externa do acordo incondicional que caracteriza o fornecedor. De outro modo, se um não dependesse do outro, não haveria formação de acordo econômico, pois seu pressuposto básico é a existência de oferta e demanda, e não faria sentido a existência de oferta sem demanda para a efetivação de uma negociação, como também o contrário. Na concretização do acordo econômico, portanto, fica clara a mutualidade entre o objeto de valor ofertado (ativo digital) e o objeto de valor dado em contrapartida, tal reciprocidade foi possível apenas pois houve um compromisso de oferta acordado por parte do fornecedor e uma reivindicação acordada por parte do consumidor.

O acordo incondicional do fornecedor dos dados depende de eventos do tipo *OfferedContributionType* (Tipo de Contribuição Oferecida), que instancia eventos *OfferedContribution* (Contribuição Oferecida), o fornecedor dos dados participa desses eventos contribuindo com a oferta de algum objeto de valor, nesse caso os ativos digitais.

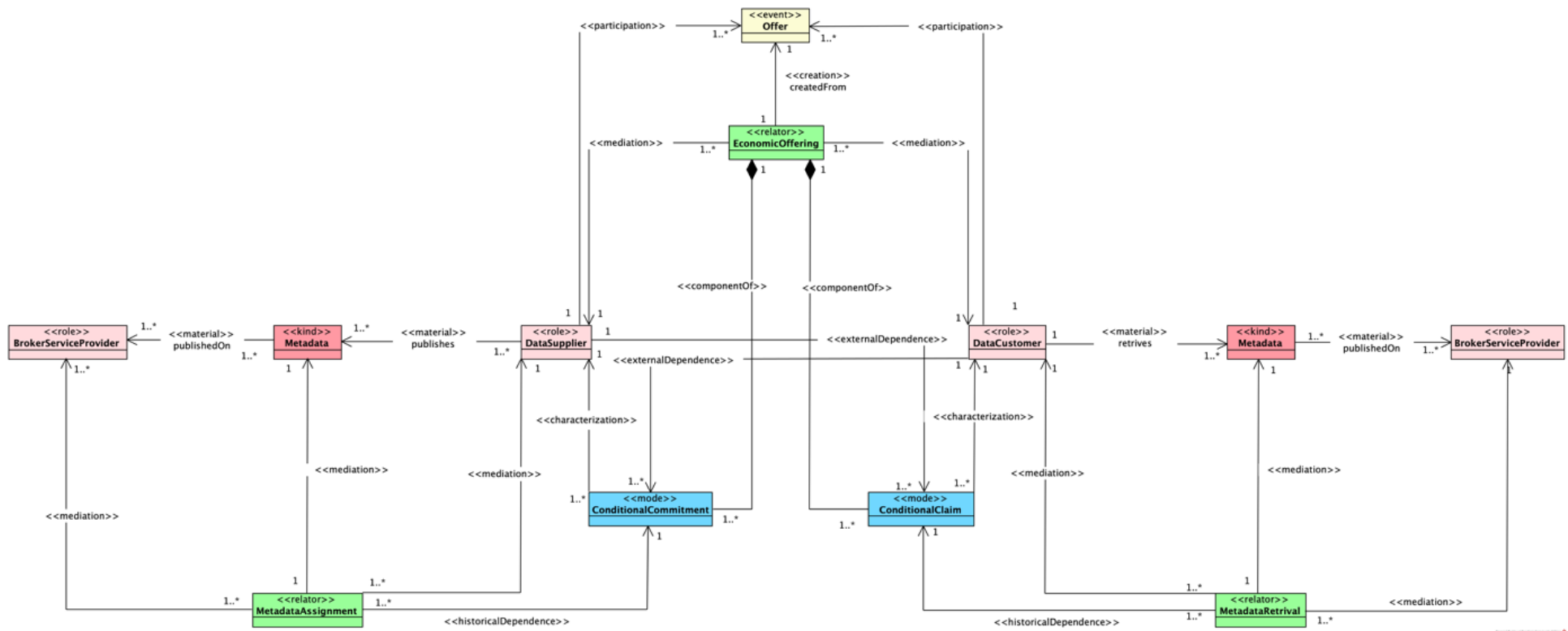


Figura 5. Visão de oferta econômica. (Autoria própria)

O acordo incondicional do consumidor dos dados depende de eventos do tipo *CounterpartContributionType* (Tipo de Contribuição de Contrapartida) que instancia eventos *CounterpartContribution* (Contribuição de Contrapartida), o consumidor dos dados participa desses eventos contribuindo com alguma contrapartida na negociação pelos dados.

Por fim, os eventos de contribuição oferecida e de contribuição de contrapartida compõem o evento maior de permuta de dados, núcleo desta ontologia. Dessa forma, os acordos econômicos são realizados em ecossistemas IDS considerando uma parte que oferta e uma parte que demanda.

Operacionalização da Ontologia

Após o desenvolvimento da ontologia de referência em OntoUML, a próxima etapa especificada pela SABiO consiste na operacionalização da ontologia, isto é, transformá-la em um artefato que possa ser interpretado por máquina. Portanto, a SBRN foi serializada na sintaxe Turtle utilizando uma função do plugin de OntoUML para o Visual Paradigm. Com isso, foi possível abrir a ontologia no Protégé e refiná-la. É importante mencionar que esta função do plugin ainda carece de melhoramentos, apesar de ser de grande auxílio, pois foi notado no Protégé que algumas associações entre as classes que estavam especificadas em OntoUML não estavam no Protégé e outras estavam inversas. Esses detalhes necessitaram de intervenção manual.

Ao abrir a ontologia no Protégé, foi possível observar que a serialização automática gerou uma espécie de “ontologia guarda-chuva” importada da ontologia gUFO⁷, que se trata de uma implementação da UFO. As classes da gUFO funcionam como meta-conceitos e se especializam nas classes da SBRN, as principais propriedades de objetos também são geradas. A estrutura de classes é apresentada na Figura 7.

Em sequência, a ontologia foi serializada em OWL/XML utilizando o próprio Protégé e depois aperfeiçoada através da adição de axiomas de fechamento, axiomas de cobertura, criação de classes definidas e disjunções entre as classes. Estes são os típicos passos relativos à engenharia de ontologias utilizando o Protégé. Outro ponto sobre a transformação entre OntoUML e Turtle ou OWL é a manutenção da consistência ontológica dos conceitos, embora exista a checagem do modelo OntoUML no próprio plugin com relação à adequação sintática do modelo conforme OntoUML, à medida em que a ontologia é refinada na etapa de operacionalização, algumas disparidades entre as linguagens se tornam evidentes, ou seja, alguns problemas de consistência só serão de fato encontrados na modelagem da ontologia no Protégé.

⁷ <https://nemo-ufes.github.io/gufo/>

Finalmente, a SBRN foi populada com dados de teste a fim de demonstrar sua utilidade, bem como realizar sua verificação. A estrutura da população da ontologia é apresentada na Figura 9. A população consiste em três espaços de dados, sendo que apenas dois deles podem ser considerados IDS.

Verificação da Ontologia



Figura 7. Hierarquia de classes afirmativa e inferida, respectivamente. (Autoria Própria)

A verificação de uma ontologia sob a perspectiva da metodologia SABiO está inserida da etapa de testes. Neste trabalho, para verificar a ontologia, foram empregados os critérios especificados por Gómez-Peréz (2004) que consistem em avaliar a corretude, completude e consistência. A corretude verifica se a ontologia é precisa na definição dos conceitos e relações do domínio, a completude verifica se a ontologia cobre o conhecimento do seu domínio e se ela responde às questões de competência, a consistência verifica se há contradições lógicas dentro da ontologia.

Para a verificação da consistência, foi utilizado o *reasoner* HermiT (versão 1.4.3.456) por meio de seu plugin dentro do Protégé. A Figura 7 apresenta a hierarquia de classes afirmativa (lado esquerdo) e a hierarquia inferida (lado direito). A Figura 8 apresenta a hierarquia das propriedades de objetos afirmativa (lado esquerdo) e inferida (lado direito). As hierarquias afirmativas são aquelas elaboradas pelo engenheiro de ontologias, já as hierarquias inferidas são aquelas elaboradas pelo *reasoner* através da interpretação lógica das definições das classes e propriedades. Assim, o *reasoner* pode gerar inferências que trazem conhecimentos novos e não constatados anteriormente.



Figura 8. Hierarquia de classes afirmativa e inferida, respectivamente. (Autoria Própria)

A corretude e completude da ontologia foram verificadas por meio das questões de competência descritas no Documento de Especificação da Ontologia (Quadro 1), que foram formalizadas na linguagem de consulta SPARQL.

A Tabela 1 mostra a consulta SPARQL para a resolução da primeira questão de competência. Esta questão de competência buscava saber quem eram os proprietários que tinham a soberania sobre seus dados garantida. A soberania em IDS só é garantida quando o dado tem uma política de uso anexada a ele e esta política é assegurada por um conector. Como resultado, esta consulta mostra o proprietário e o dado sobre o qual ele tem a soberania garantida no ecossistema.

A Tabela 2 mostra a consulta SPARQL para a resolução da segunda questão de competência. Esta questão de competência buscava saber quem eram os participantes

legítimos de um IDS. Os participantes legítimos, sejam eles atores ou recursos, são legítimos somente se forem avaliados e certificados. Como resultado, esta consulta retorna os participantes legítimos e seus respectivos certificados.

Tabela 1. Consulta SPARQL para primeira questão de competência. (Autoria Própria)

QC1. Quem são os proprietários soberanos sobre seus dados?

Consulta SPARQL

```
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX sbrn: <http://soberana.com#>
PREFIX gufo: <http://purl.org/nemo/gufo#>
```

```
SELECT DISTINCT ?proprietario ?dado
WHERE {
  ?proprietario a sbrn:DataSupplier .
  ?atoDeSoberania a sbrn:DataSovereigntyAct .
  ?atoDeSoberania gufo:mediates ?proprietario .
  ?proprietario sbrn:creates ?politicaDeUso .
  ?conector a sbrn:Connector .
  ?politicaDeUso a sbrn:DataUsagePolicy .
  ?conector sbrn:enforces ?politicaDeUso .
  ?dado a sbrn:Data .
  ?proprietario sbrn:controls ?dado .
  ?politicaDeUso sbrn:isAttached ?dado
}
```

Tabela 2. Consulta SPARQL para segunda questão de competência. (Autoria Própria)

QC2. Quem são os participantes legítimos do IDS?

Consulta SPARQL

```
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX sbrn: <http://soberana.com#>
PREFIX gufo: <http://purl.org/nemo/gufo#>
```

```
SELECT ?participant ?certificado
WHERE {
  {
    ?participant a sbrn:Actor .
    ?participant sbrn:certified ?certificado .
    ?certificado a sbrn:Certificate .
    ?participant sbrn:evaluated ?relatorioDeAvaliacao .
    ?relatorioDeAvaliacao a sbrn:EvaluationReport .
  }
  UNION
  {
    ?participant a sbrn:Resource .
    ?participant sbrn:certified ?certificado .
    ?certificado a sbrn:Certificate .
    ?participant sbrn:evaluated ?relatorioDeAvaliacao .
    ?relatorioDeAvaliacao a sbrn:EvaluationReport .
  }
}
```

A Tabela 3 mostra a consulta SPARQL para a resolução da terceira questão de competência. Esta questão de competência buscava saber quais ofertas de dados

estavam sendo realizadas. A oferta de um dado pode se dar por intermédio do *Broker* através da atribuição de metadados ou não, pode se dar de forma direta se as partes forem conhecidas ou se forem considerados espaços de dados mais primitivos. Portanto, como resultado, esta consulta retorna os eventos de oferta, o ofertante, o beneficiário da oferta e o metadado envolvido se houver.

Tabela 3. Consulta SPARQL para terceira questão de competência. (Autoria Própria)

QC3. Quais são as ofertas de dados realizadas?
Consulta SPARQL
<pre> PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#> PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> PREFIX sbrn: <http://soberana.com#> PREFIX gufo: <http://purl.org/nemo/gufo#> SELECT DISTINCT ?oferta ?ofertante ?beneficiario ?metadado WHERE { ?oferta a sbrn:Offer . ?ofertante gufo:participatedIn ?oferta . { ?ofertante a sbrn:DataSupplier . ?ofertante gufo:participatedIn ?oferta . } . { ?beneficiario a sbrn:DataCustomer . ?beneficiario gufo:participatedIn ?oferta . } } OPTIONAL { ?atribuicaoDeMetadado a sbrn:MetadataAssignment . ?atribuicaoDeMetadado gufo:mediates ?metadado . ?metadado a sbrn:Metadata . ?atribuicaoDeMetadado gufo:historicallyDependsOn ?compromisso . . { ?compromisso sbrn:componentOf ?economicOffering . ?economicOffering a sbrn:EconomicOffering . ?economicOffering gufo:wasCreatedIn ?oferta } } } </pre>

A Tabela 4 mostra a consulta SPARQL para a resolução da quarta questão de competência. Esta questão buscava saber quem estava realizando acordos econômicos de compartilhamento no ecossistema em geral, os acordos econômicos são compostos pela parte acordada do ofertante e a parte acordada do beneficiário. Como resultado, esta consulta traz o acordo econômico, o ofertante e beneficiário.

A Tabela 5 mostra a consulta SPARQL para a resolução da quinta questão de competência. Esta questão buscava saber quais os objetos de valor negociados nos acordos econômicos. Os acordos econômicos em IDS modelados pela SBRN têm dependência de ativos digitais (compostos pelo dado e sua política de uso) e de uma

contrapartida (objeto de valor oferecido em troca do dado). Assim, como resultado, essa consulta obtém os acordos, o objeto de valor ofertado e a contrapartida oferecida.

Tabela 4. Consulta SPARQL para quarta questão de competência. (Autoria Própria)

QC4. Quem está realizando acordos econômicos de compartilhamento de dados?

Consulta SPARQL

```
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX sbrn: <http://soberana.com#>
PREFIX gufo: <http://purl.org/nemo/gufo#>
```

```
SELECT ?acordo ?ofertante ?beneficiario
WHERE {
  ?acordo a sbrn:EconomicAgreement .
  ?ofertante a sbrn:DataSupplier .
  ?beneficiario a sbrn:DataCustomer .
  {
    ?acordoOfertante a sbrn:OfferorUnconditionalAgreement .
    ?acordoOfertante gufo:inheresIn ?ofertante .
    ?acordoOfertante sbrn:componentOf ?acordo
  }
  .
  {
    ?acordoBeneficiario a sbrn:OffereeUnconditionalAgreement .
    ?acordoBeneficiario gufo:inheresIn ?beneficiario .
    ?acordoBeneficiario sbrn:componentOf ?acordo
  }
}
```

Tabela 5. Consulta SPARQL para quinta questão de competência. (Autoria Própria)

QC5. Quais os objetos de valor negociados nos acordos econômicos?

Consulta SPARQL

```
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX sbrn: <http://soberana.com#>
PREFIX gufo: <http://purl.org/nemo/gufo#>
```

```
SELECT ?acordo ?objetoDeValorOfertado ?contrapartida
WHERE {
  ?acordo a sbrn:EconomicAgreement .

  {
    ?acordoOfertante a sbrn:OfferorUnconditionalAgreement .
    ?acordoOfertante gufo:inheresIn ?ofertante .
    ?acordoOfertante sbrn:componentOf ?acordo .
    ?acordoOfertante gufo:historicallyDependsOn ?objetoDeValorOfertado .
    ?objetoDeValorOfertado a sbrn:DigitalAsset
  }
  .
  {
    ?acordoBeneficiario a sbrn:OffereeUnconditionalAgreement .
    ?acordoBeneficiario gufo:inheresIn ?beneficiario .
    ?acordoBeneficiario sbrn:componentOf ?acordo .
    ?acordoBeneficiario gufo:historicallyDependsOn ?contrapartida .
    ?contrapartida a sbrn:Counterpart .
  }
}
```

Demonstração da Ontologia

Para demonstrar o funcionamento da SBRN, foram analisados os resultados das consultas sobre a população da ontologia. A população registrada é formada por dados de teste, mas que representam modelos de negócio de compartilhamento de dados em IDS inspirados na concepção de Otto (2022) sobre os estágios de ecossistemas de dados.

Otto (2022) define três estágios de ecossistemas de espaços de dados, são eles: ecossistema fechado, que são configurações com número limitado de atores que normalmente se conhecem e não há a necessidade de uma entidade federativa, mas ainda assim, as responsabilidades de um federador são desempenhadas por um dos participantes (como realizar o registo de transações); ecossistema aberto, caracterizado pela abertura do sistema com relação aos seus atores, isto é, os atores podem não se conhecer e entrarão ou sairão dos espaços de maneira dinâmica, nesse caso, um federador é necessário para promover confiança, segurança e soberania dos espaços; por fim, o ecossistema federado, que se caracteriza pelo fato de que existem atores que participam simultaneamente de outros ecossistemas.

Um IDS, segundo a classificação de ecossistemas de Otto (2022) se caracterizaria como um espaço aberto em pequena escala ou um espaço federado em grande escala. As responsabilidades de federação em um IDS são desempenhadas por vários atores, como a atividade de publicar e recuperar metadados desempenhada pelo *Broker*, ou de identificação e registro de participantes desempenhada pelo Provedor de Identidade, entre outras atividades. Todos esses atores colaboram para a formação da federação em IDS.

Portanto, a Figura 9 ilustra a estrutura da população da ontologia. Foram derivados três modelos que representam espaços de dados, sendo que o *Espaço 2* e o *Espaço 3* podem ser caracterizados como IDS e poderiam ser abordados como ecossistemas abertos isoladamente, ou mesmo federados, partindo do pressuposto que o ator *Owner1* está participando de dois ecossistemas. Já o *Espaço 1* não poderia ser caracterizado como um IDS pleno, por ser considerado um espaço de dados primitivo (fechado) sem a presença de conectores ou *Broker*, onde a oferta e permuta de dados se faz diretamente entre os atores.

Nesta população há apenas um fornecedor de dados, retratado como *Owner1* e três consumidores realizando permutas com este fornecedor, os quais são retratados como *User1*, *User2* e *User3*. As ofertas dos dados ocorrem por intermédio do *Broker* nos espaços 1 e 2. E os dados negociados são *Song1*, *Song2* e *Song3* com *User1*, *User2* e *User3*, respectivamente.

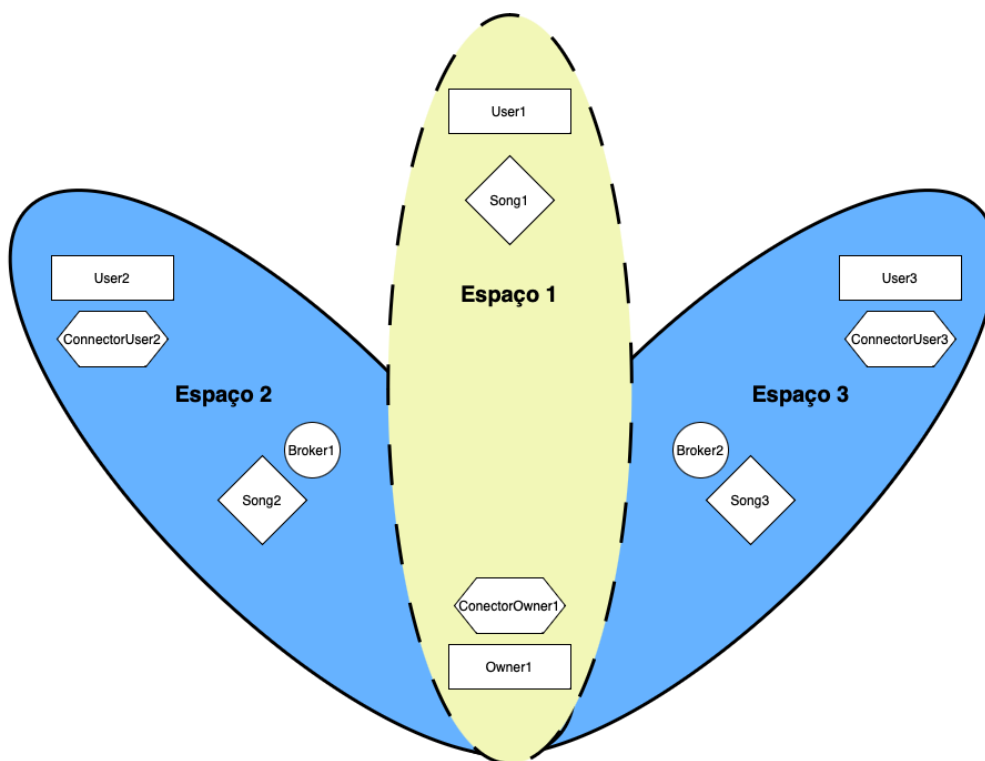


Figura 9. Estrutura geral da população fictícia da ontologia. (Autoria própria)

Com o auxílio da ferramenta Web Protégé, uma versão web do Protégé, é possível visualizar as instâncias e suas relações. A Figura 11 mostra a relação das instâncias sob o ponto de vista do primeiro acordo econômico, realizado entre o *Owner1* e o *User1*. Este acordo negociou o objeto de valor *Asset1*, que é composto pelo dado *Song1* e a política de uso de dados *DUP1*. A contrapartida oferecida é representada pela instância *Counterpart1*.

Da mesma forma, a Figura 12 e Figura 13 mostram a relação entre as instâncias sob o ponto de vista do segundo e terceiro acordos econômicos, realizados com o *User2* e *User3*, respectivamente. A diferença nesses outros dois acordos reside no fato de que há a presença de instâncias do *Broker* e de conectores legítimos, favorecendo a soberania de dados e a legitimidade dos participantes.

Ao realizar a consulta SPARQL da primeira questão de competência, foi obtido como resultado que o proprietário *Owner1* é soberano garantidamente somente sobre os dados *Song2* e *Song3*, isso se responde pelo fato de que somente na permuta desses dados que há ação de conectores assegurando que a política de uso de dados está sendo obedecida. Este resultado pode ser visto na Figura 10.

?proprietario	?dado
sbrn:Owner1	sbrn:Song2
sbrn:Owner1	sbrn:Song3

Figura 10. Resultado da consulta da primeira questão de competência. (Autoria própria)

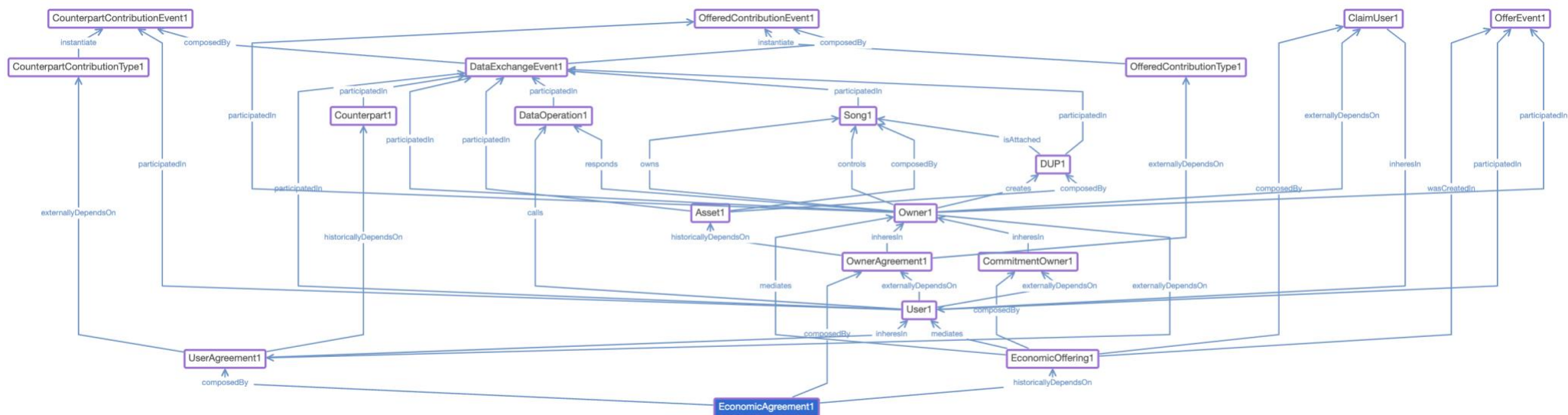


Figura 11. Estrutura de instâncias sobre o ponto de vista do primeiro Acordo Econômico. (Autoria própria)

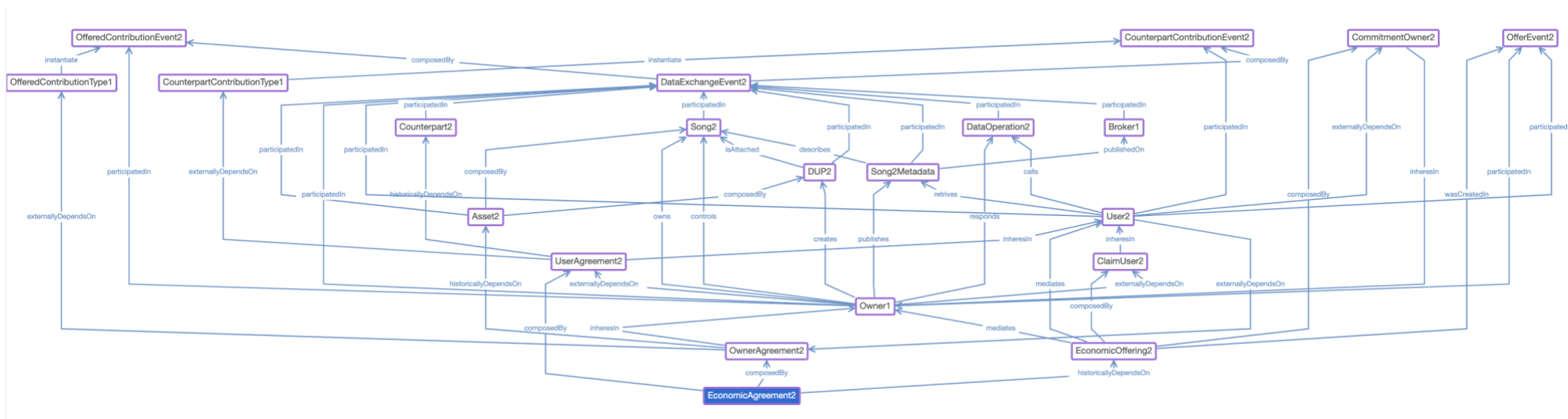


Figura 12. Estrutura de instâncias sobre o ponto de vista do segundo Acordo Econômico. (Autoria própria)

Ao realizar a consulta SPARQL da segunda questão de competência, foi obtido como resultado os participantes legítimos do ecossistema e seus respectivos certificados, algo curioso a se notar é que apenas o User1 não foi considerado legítimo, pois ele não é certificado para participar de um IDS. Este resultado pode ser visto na Figura 14.

?participant	?certificado
sbrn:Broker1	sbrn:BrokerCertificate1
sbrn:Broker2	sbrn:BrokerCertificate2
sbrn>User3	sbrn:UserCertificate3
sbrn>User2	sbrn:UserCertificate2
sbrn:Owner1	sbrn:OwnerCertificate1
sbrn:ConnectorOwner	sbrn:ConnectorCertificateOwner
sbrn:ConnectorUser2	sbrn:ConnectorCertificateUser2
sbrn:ConnectorUser3	sbrn:ConnectorCertificateUser3

Figura 14. Resultado da consulta da segunda questão de competência. (Autoria própria)

Ao realizar a consulta SPARQL da terceira questão de competência, foi obtido como resultado as ofertas econômicas registradas na ontologia, ou seja, três eventos de oferta, seus participantes e o metadado atribuído, caso tenha sido atribuído. Importante notar que na oferta entre o *Owner1* e *User1* não houve atribuição de metadados pela inexistência de um Broker nesse espaço. Este resultado pode ser visto na Figura 15.

?oferta	?ofertante	?beneficiario	?metadado
sbrn:OfferEvent1	sbrn:Owner1	sbrn:User1	
sbrn:OfferEvent2	sbrn:Owner1	sbrn:User2	sbrn:Song2Metadata
sbrn:OfferEvent3	sbrn:Owner1	sbrn:User3	sbrn:Song3Metadata

Figura 15. Resultado da consulta da terceira questão de competência. (Autoria própria)

Ao realizar a consulta SPARQL da quarta questão de competência, foram obtidos como resultado os três acordos econômicos registrados na ontologia e já mencionados. Este resultado pode ser visto na Figura 16.

?acordo	?ofertante	?beneficiario
sbrn:EconomicAgreement1	sbrn:Owner1	sbrn:User1
sbrn:EconomicAgreement2	sbrn:Owner1	sbrn:User2
sbrn:EconomicAgreement3	sbrn:Owner1	sbrn:User3

Figura 16. Resultado da consulta da quarta questão de competência. (Autoria própria)

Ao realizar a consulta SPARQL da quinta questão de competência, foi obtido como resultado os três acordos econômicos registrados na ontologia, o objeto de valor ofertado e a respectiva contrapartida. Este resultado pode ser visto na Figura 17.

?acordo	?objetoDeValorOfertado	?contrapartida
sbrn:EconomicAgreement1	sbrn:Asset1	sbrn:Counterpart1
sbrn:EconomicAgreement2	sbrn:Asset2	sbrn:Counterpart2
sbrn:EconomicAgreement3	sbrn:Asset3	sbrn:Counterpart3

Figura 17. Resultado da consulta da quinta questão de competência. (Autoria própria)

Trabalhos Relacionados

As abordagens mais próximas com esta pesquisa incluem uma análise econômica de compartilhamento de dados abertos publicada por Krotova *et al.* (2020), uma ontologia candidata para a troca soberana de conteúdo digital proposta por Bader *et al.* (2020), e o modelo de maturidade para adoção de IDS formulado por Gort (2021).

Krotova *et al.* (2020) examinaram as razões para divulgar e compartilhar dados com base em uma análise qualitativa de dados coletados de empresas europeias. Os autores também compararam as características dos dados governamentais abertos e dos dados das empresas para identificar restrições ao compartilhamento de dados. As descobertas da pesquisa revelaram que as empresas podem divulgar dados se: (1) tiverem uma motivação econômica clara; (2) oportunidades de negócios surgirem após a divulgação de dados; (3) estruturas contratuais e regras estiverem disponíveis e forem consensuais; (4) os contratos tiverem propostas recíprocas; e (5) isso ajudar a atender melhor às necessidades dos clientes. Os modelos de acordo de compartilhamento de dados derivados da SBRN podem ajudar as empresas a decidir sobre essas condições e motivá-las a aderir a um tipo específico de acordo ou auxiliá-las no entendimento de um IDS.

Bader *et al.* (2020) provê uma “ontologia guarda-chuva” para contextualizar múltiplas visões de um ecossistema IDS sob um ponto de vista técnico. Entre as seis partições descritas em sua ontologia, elementos de pelo menos quatro estão relacionados com conceitos da SBRN: a partição *Community of trust* (envolvendo os conceitos *participant*, *connector*, *certification* e *contract*); a partição *Commodity* (envolvendo o conceito *policy*); a partição *Communication* (envolvendo o conceito *Operation*); a partição *Content* (envolvendo o conceito *Resource*). No entanto, a ontologia de Bader *et al.* (2020) não associa uma perspectiva organizacional e de negócios a esses conceitos, nem mesmo noções de acordos econômicos realizados entre os participantes do ecossistema, como na SBRN. Essas limitações constituem uma oportunidade de melhora na comunicação de modelos de negócio de IDS para organizações interessadas em adotar ou entender estes espaços de dados. Não foi

realizado o reuso da ontologia proposta por Bader *et al.* (2020) pois a ontologia se mostrou rasa com relação à especificidade dos conceitos. Em outras palavras, apesar de haver uma grande quantidade de classes que representavam bem o domínio, não havia densidade nas relações entre elas.

Gort (2021) trouxe uma nova perspectiva para avaliar os níveis de maturidade das empresas ao entrarem nos ecossistemas IDS. O autor expande o modelo de maturidade proposto por Schumacher *et al.* (2019) em direção a um processo de desenvolvimento da maturidade. O processo começa com a avaliação do nível de maturidade atual da empresa, seguido de uma análise de custos e definição de caminhos de realização que ajudarão a empresa a alcançar um novo nível de maturidade IDS. O processo se encerra com uma avaliação pós-adoção. No entanto, a etapa de análise de custos desse processo pode se beneficiar de uma perspectiva de modelagem de valor. Todo o processo se aplica à maturação de uma única empresa, que cooperará com outros atores em um ecossistema IDS, cada um com demandas econômicas específicas.

Conclusão

Os Espaços de Dados Internacionais se mostram como uma alternativa interessante para as organizações que necessitam realizar permuta de dados, e que essas operações sejam feitas de maneira que esteja garantida a soberania de dados, segurança e confiança entre as partes. Dada a falta de entendimento e a escassez de ferramentas para derivação de modelos de negócio que representassem as interações entre as partes em IDS, o trabalho objetivou responder a esta demanda através do desenvolvimento de uma ontologia.

A questão geral de pesquisa, decomposta em uma questão conceitual (que buscava entender como ocorriam os acordos de compartilhamento de dados em IDS), técnica (que buscava entender como construir modelos que representam os acordos) e prática (que buscava saber se os modelos eram úteis), foi respondida no decorrer do trabalho. A ontologia desenvolvida foi fundamentada em uma revisão de literatura que respondeu à questão conceitual trazendo noções sobre o funcionamento de IDS, seus principais componentes e papéis, bem como as interações entre eles. A questão técnica foi respondida com a ontologia operacional desenvolvida e derivação de modelos a partir dela. A questão prática pôde ser parcialmente respondida com a demonstração da ontologia.

A principal limitação dessa pesquisa foi a falta de uma validação mais forte da ontologia com um caso de uso real, portanto, para fins de demonstração da utilidade, a ontologia foi testada com dados fictícios. Outros pontos que prejudicaram o andamento da pesquisa foram: a disparidade entre a documentação online da linguagem OntoUML e o plugin no Visual Paradigm, com estereótipos de classe e de associações que estavam presentes na

documentação, mas não estavam no plugin; Alguns estereótipos em OntoUML carentes de explicação na própria documentação, havendo a necessidade de consultar outras fontes; e Web Protégé com visualização inflexível das relações entre as instâncias da ontologia, o que dificultou a geração de visualizações dos modelos derivados pela ontologia.

Os artefatos gerados por este trabalho ainda podem ser explorados por várias perspectivas, como: realização de uma validação mais forte da ontologia junto a um estudo de caso real; desenvolvimento de alguma aplicação gráfica para gestão de espaços de dados que permita a população da ontologia e derivação de modelos de forma mais intuitiva e flexível; a adição na ontologia de outros conceitos pertinentes a atores, atividades e recursos do domínio de IDS; alinhamento com outras ontologias do mesmo domínio, como a já consolidada proposta por Bader *et al.* (2020); validação e amadurecimento dos conceitos e relações da ontologia em grupos de discussão com especialistas; utilização de métodos formais para modelar as transações de espaços de dados.

Referências

- Almeida, João Paulo A.; Falbo, Ricardo A.; Guizzardi, Giancarlo. Events as entities in ontology-driven conceptual modeling. In: *Conceptual Modeling: 38th International Conference, ER 2019, Salvador, Brazil, November 4–7, 2019, Proceedings 38*. Springer International Publishing, 2019. p. 469-483.
- Bader, S. *et al.* The international data spaces information model—an ontology for sovereign exchange of digital content. In: *International Semantic Web Conference*. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 176-192.
- Braud, A. *et al.* The Road to European Digital Sovereignty with Gaia-X and IDSA. *IEEE Network*, v. 35, n. 2, p. 4-5, 2021.
- De Reuver, M.; Sørensen, C.; Basole, R. C. The Digital Platform: A Research Agenda. *Journal of Information Technology*, v. 33, n. 2, p. 124–135, jun. 2018.
- Dudáš, M. *et al.* Ontology visualization methods and tools: a survey of the state of the art. *The Knowledge Engineering Review*, v. 33, p. e10, 2018.
- European Commission. Directorate General for Communications Networks, Content and Technology. *The European Data Market Monitoring Tool: Key Facts & Figures, First Policy Conclusions, Data Landscape and Quantified Stories*, 2020.
- Falbo, R. A. SABIO: Systematic Approach for Building Ontologies. *Onto. Com/odise@ Fois*, v. 1301, 2014.
- Fonseca, C. M. *et al.* Ontology-Driven Conceptual ModelLing as a Service. In: *JOWO*. 2021.
- Gómez-Pérez, A. Ontology Evaluation. *Handbook on Ontologies*, p. 251–273, 2004.
- Gort, E. *Developing a maturity model based approach supporting the decision to adopt International Data Spaces*. 2021. Dissertação de Mestrado. University of Twente.
- Guizzardi, G. *et al.* Towards ontological foundations for conceptual modeling: The unified foundational ontology (UFO) story. *Applied Ontology*, v. 10, n. 3-4, p. 259–271, 15 dez. 2015.

Hummel, P. *et al.* Data sovereignty: A review. *Big Data & Society*, v. 8, n. 1, p. 205395172098201, 2021.

International Data Spaces Association (IDSA). *IDS Reference Architecture Model*. Alemanha, 2023.

Jarke, M. Data sovereignty and the internet of production. In: *International Conference on Advanced Information Systems Engineering*. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 549-558.

Jarke, M.; Otto, B.; Ram, S. Data Sovereignty and Data Space Ecosystems. *Business & Information Systems Engineering*, v. 61, p. 549-550, 2019.

Krotova, A.; Mertens, A.; Scheufen, M. *Open data and data sharing: An economic analysis*. IW-Policy Paper, 2020.

Nagel, L.; Lycklama, D. How to Build, Run, and Govern Data Spaces. In: Otto, B.; Hompel, M. ten; Wrobel, S. *Designing Data Spaces: The Ecosystem Approach to Competitive Advantage*. Cham: Springer, 2022. p. 17-28.

Otto, B. *et al.* White paper-industrial data space-digital sovereignty over data. *Fraunhofer Institute for Material Flow and Logistics IML Fraunhofer-Gesellschaft, München*, 2016.

Otto, B. Interview with Reinhold Achatz on “Data Sovereignty and Data Ecosystems”. *Business & Information Systems Engineering*, v. 61, n. 5, p. 635–636, 19 ago. 2019.

Otto, B. The Evolution of Data Spaces. In: Otto, B.; Hompel, M. ten; Wrobel, S. *Designing Data Spaces: The Ecosystem Approach to Competitive Advantage*. Cham: Springer, 2022. p. 3-16.

Pauli, T.; Fielt, E.; Matzner, M. Digital industrial platforms. *Business & Information Systems Engineering*, v. 63, p. 181-190, 2021.

Pedreira, V.; Barros, D.; Pinto, P. A Review of Attacks, Vulnerabilities, and Defenses in Industry 4.0 with New Challenges on Data Sovereignty Ahead. *Sensors*, vol. 21, 2021.

Pettenpohl, H.; Spiekermann, M.; Both, J. R. International Data Spaces in a Nutshell. In: Otto, B.; Hompel, M. ten; Wrobel, S. *Designing Data Spaces: The Ecosystem Approach to Competitive Advantage*. Cham: Springer, 2022. p. 29-40.

Porello, D. *et al.* A core ontology for economic exchanges. In: *International Conference on Conceptual Modeling*. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 364-374.

Schumacher, A.; Nemeth, T.; Sihn, W. Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. *Procedia Cirp*, v. 79, p. 409-414, 2019.

Suárez-Figueroa, M. C.; Gómez-Pérez, A.; Villazón-Terrazas, B. How to write and use the ontology requirements specification document. In: *On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2009: Confederated International Conferences, CoopIS, DOA, IS, and ODBASE 2009, Vilamoura, Portugal, November 1-6, 2009, Proceedings, Part II*. Springer Berlin Heidelberg, 2009. p. 966-982.

Wieringa, R. Design science as nested problem solving. In: *Proceedings of the 4th international conference on design science research in information systems and technology*. 2009. p. 1-12.

Wieringa, R. J. *Design science methodology for information systems and software engineering*. Springer, 2014.