

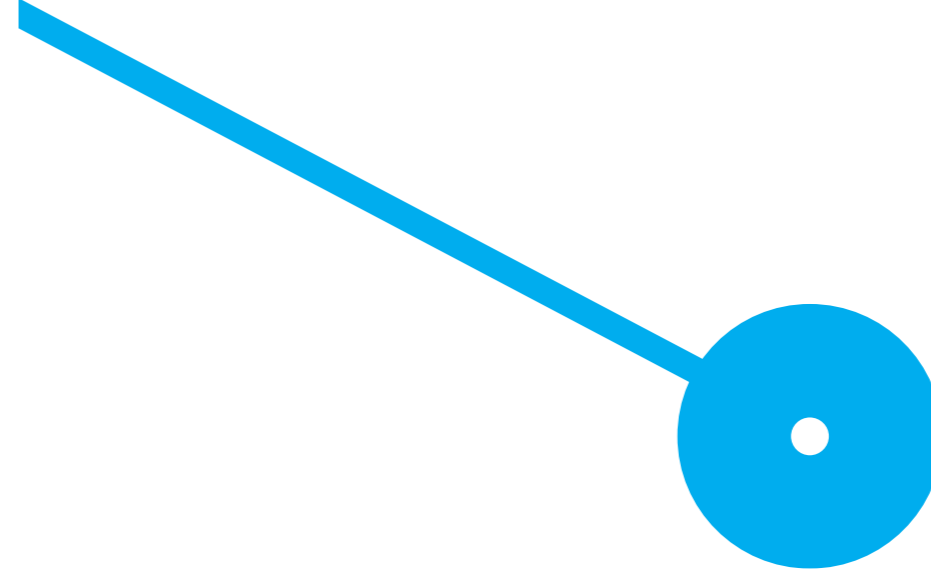
Interoperabilidade entre Ambientes IIoT e B2B  
através de Data Spaces Industriais:  
O Caso do Cluster do Calçado  
Pedro Luís Rangel Pinto

10/2022

Pedro Luís Rangel Pinto. Interoperabilidade entre Ambientes IIoT e B2B através de  
Data Spaces Industriais: O Caso do Cluster do Calçado

Interoperabilidade entre  
Ambientes IIoT e B2B através de  
Data Spaces Industriais:  
O Caso do Cluster do Calçado  
Pedro Luís Rangel Pinto

10/2022





# Interoperabilidade entre Ambientes IIoT e B2B através de Data Spaces Industriais: O Caso do Cluster do Calçado

Pedro Luís Rangel Pinto

Prof. Doutor Cristóvão Dinis Polido Sousa

# Agradecimentos

Após a realização deste projeto, quero agradecer a todos os que me apoiaram ao longo deste caminho.

Primeiramente, gostaria de agradecer a todos os docentes que me acompanharam ao longo desta caminhada. Uma caminhada que começou há cinco anos e que está prestes a terminar. Um agradecimento em especial ao meu orientador Prof. Doutor Cristóvão Sousa que sempre se mostrou disponível e me apoiou em todos os aspetos. Deixo aqui um agradecimento ao INESC TEC e ao Eng. Rui Rebelo, por me acolherem neste projeto de braços abertos e pelo apoio prestado durante o seu desenvolvimento.

Ao meu colega Ricardo Ferreira que sempre me acompanhou durante todo este percurso universitário, fica aqui um agradecimento por todo o trabalho de equipa e companheirismo que sempre demonstrou em todos os projetos. Agradeço ainda a todos os que se disponibilizaram a ajudar, desde colegas a docentes, que sempre se mostraram prestáveis, ajudando em tudo o que precisava.

Por último, e não menos importante, quero agradecer aos meus familiares, namorada e amigos, que sempre me apoiaram e não me deixaram desistir.

A todos o meu sincero e profundo obrigado!

# Resumo

Este projeto discute o problema de partilha de informação e de interoperabilidade de dados num contexto Business-to-Business, explorado no contexto de um estudo de caso sobre partilha de dados em redes colaborativas num cluster industrial. Concretamente, discute-se a viabilidade e exequibilidade dos International Data Spaces no contexto do cluster do calçado. Este trabalho apresenta também uma demonstração de como a adoção de processos digitais contribui para apoiar a gestão baseada em dados para otimizar o planeamento produtivo das indústrias.

Neste trabalho foi implementada uma arquitetura de interoperabilidade para a cadeia de valor da indústria do calçado, com base nos International Data Spaces e, verificou-se a sua exequibilidade na capacidade de interligação uniformizada e segura de dois sistemas de empresas diferentes. Esta solução também é capaz de estabelecer uma conexão entre contextos de dados IIoT com contextos de dados B2B. Com isto, foi também testada a conexão entre duas diferentes implementações de um componente IDS, de forma a validar o IDS-RAM.

O resultado deste trabalho pretende assim estabelecer as bases necessárias para o desenvolvimento e implementação de uma arquitetura IIoT utilizando soluções inovadoras da indústria 4.0 para tornar este cluster mais flexível e eficiente.

**Palavras-chave:** International Data Spaces, Internet of Things, Indústria 4.0, Indústria do Calçado, Partilha de Informação B2B, Transformação Digital.

# Abstract

This project discusses the problem of information sharing and data interoperability in a B2B context.

Therefore, this project presents a case study on the scope of data-sharing in collaborative networks in an industrial cluster. It explores the feasibility and executability of International Data Spaces in the context of the footwear cluster. This work also presents a demonstration of how the adoption of digital processes contributes to supporting data-based management to optimize the productive planning of industries.

In this work, an interoperability architecture was implemented for the footwear industry value chain, based on the International Data Spaces, and its feasibility was verified in the uniform and secure interconnection capacity of two systems from different companies. This solution is also able to establish a connection between IIoT data contexts with B2B data contexts. The connection between two different implementations of an IDS component was also tested, in order to validate the IDS-RAM.

The result of this work intends to establish the necessary basis for the development and implementation of an IIoT architecture using innovative solutions from I4.0 to make this cluster more flexible and efficient.

**Keywords:** International Data Spaces, Internet of Things, Industry 4.0, Footwear Industry, B2B Data Exchange, Digital Transformation.

# Conteúdo

Agradecimentos . . . . .	i
Resumo . . . . .	ii
Abstract . . . . .	iii
Lista de Figuras . . . . .	vii
Siglas e Abreviaturas . . . . .	ix
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Contexto e Problema . . . . .	2
1.2 Objetivos . . . . .	3
1.3 Metodologia . . . . .	4
1.4 Questão de Investigação e Hipótese . . . . .	6
1.5 Principais Resultados . . . . .	6
1.6 Estrutura do Documento . . . . .	7
<b>2 Interoperabilidade e governação de dados na industria 4.0</b>	<b>9</b>
2.1 Interoperabilidade: novas perspetivas sobre um velho desafio . . . . .	9
2.2 Governação de dados em contextos colaborativos . . . . .	13

2.3	Principais padrões de conceção de arquiteturas de dados . . . . .	17
<b>3</b>	<b>Tecnologias emergentes para implementação de arquiteturas de interoperabilidade</b>	<b>21</b>
3.1	Blockchain e Smart Contracts . . . . .	22
3.2	FIWARE . . . . .	24
3.3	Gaia-X . . . . .	26
3.4	International Data Spaces . . . . .	28
<b>4</b>	<b>Conceptualização do domínio</b>	<b>35</b>
4.1	Caracterização da indústria do calçado . . . . .	35
4.2	Casos Uso para as principais interações interempresarias . . . . .	38
<b>5</b>	<b>Arquitetura Conceptual da Solução</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>Caso de Estudo - Implementação</b>	<b>51</b>
6.1	Descrição do Problema . . . . .	52
6.2	Arquitetura da Solução . . . . .	54
<b>7</b>	<b>Conclusões e Trabalho Futuro</b>	<b>59</b>
7.1	Reflexão Crítica . . . . .	59
7.2	Trabalho Futuro . . . . .	60
	<b>Bibliografia</b>	<b>62</b>
<b>A</b>	<b>Guia de Configurações</b>	<b>68</b>

A.1	Pré-Requisitos . . . . .	68
A.2	Configuração FIWARE Orion Context Broker . . . . .	69
A.3	Configuração DataSpace Connector - Provider . . . . .	69
A.4	Configuração TRUE Connector - Consumer . . . . .	70

# Lista de Figuras

1	Procedimento de Investigação . . . . .	4
2	Registo de logs de transações . . . . .	23
3	Ecosistema FIWARE <sup>1</sup> . . . . .	25
4	Visão Geral da Arquitetura GAIA-X . . . . .	27
5	Arquitetura do IDS Connector . . . . .	30
6	IDS Connector ER Model . . . . .	31
7	Diagrama de Sequência - Descrição do Data Provider . . . . .	32
8	Diagrama de Sequência - Negociação de Contratos . . . . .	33
9	Diagrama de Sequência - Partilha de Dados . . . . .	34
10	Rede Colaborativa . . . . .	36
11	Use Case - Compras de Fornecedor Armazenista . . . . .	39
12	Use Case - Compras de Fornecedor Produtor . . . . .	39
13	Use Case - Subcontratos . . . . .	40
14	IDS-RAM Estrutura Geral . . . . .	42
15	Arquitetura Conceptual da Solução . . . . .	44

16	DataSpace Connector Swagger . . . . .	45
17	Arquitetura FIWARE TRUE Connector . . . . .	46
18	FIWARE TRUE Connector DataApp Swagger . . . . .	47
19	FIWARE TRUE Connector ECC Swagger . . . . .	47
20	Objetivos Projeto CNI40Foot . . . . .	53
21	Arquitetura da Solução . . . . .	54
22	Diagrama de Sequência da Arquitetura . . . . .	56
23	Descrição do Data Provider . . . . .	71
24	Descrição do Data Provider pelo Catalogo . . . . .	71
25	Negociação de Contrato - Pedido . . . . .	72
26	Negociação de Contrato - Acordo . . . . .	73
27	Partilha de Dados . . . . .	74

# Siglas e Abreviaturas

<b>B2B</b>	Business-to-Business
<b>B2C</b>	Business-to-Customer
<b>DAML</b>	Digital Asset Modeling Language
<b>DAPS</b>	Dynamic Attribute Provisioning Service
<b>I4.0</b>	Indústria 4.0
<b>IDS</b>	International Data Spaces
<b>IDSA</b>	International Data Space Association
<b>IDS-RAM</b>	IDS - Reference Architecture Model
<b>IIoT</b>	Industrial Internet of Things
<b>IoT</b>	Internet of Things
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>PME</b>	Pequenas e Médias Empresas
<b>RGPD</b>	Regulamento Geral de Proteção de Dados
<b>SI</b>	Sistemas de Informação
<b>UE</b>	União Europeia



# Capítulo 1

## Introdução

A Quarta Revolução Industrial foca na integração dos processos de produção e de negócio, assim como, de todos os participantes da cadeia de valor (clientes e fornecedores), numa perspectiva horizontal e vertical [1].

O paradigma da Indústria 4.0 (I4.0), oferece um conjunto de práticas, políticas e *standards*, integrado num modelo de referência - o RAMI 4.0 [2] - e cujo objetivo é uniformizar e acelerar o processo de transformação digital<sup>1</sup> das empresas, garantindo maior flexibilização, integração e produtividade. Concretamente, os grandes objetivos da I4.0 consistem na integração de toda a cadeia de valor numa perspectiva horizontal e vertical, envolvendo processos, pessoas e máquinas [1]. A integração vertical trata da integração de sistemas informáticos em vários níveis dentro de uma empresa numa solução abrangente, ou seja, ligando os processos desde o chão de fábrica até à gestão de topo. As empresas verticalmente integradas têm a possibilidade de explorar monitorizar e controlar, todos os seus ativos organizacionais, garantindo uma visão holística da organização e permitindo uma gestão mais eficiente dos recursos da organização [3]. Tipicamente, a implementação de arquiteturas Industrial Internet of Things (IIoT) possibilitam a integração vertical. A integração horizontal consiste na interligação de toda a cadeia quer ao nível dos processos interorganizacionais quer ao nível do fluxo de informação. Esta possibilidade incrementa significativamente as capacidades colaborativas da cadeia de valor, incrementando o seu grau de prontidão para lidar com disrupções na cadeia de valor e planejar melhor as suas operações.

---

<sup>1</sup>processo em que empresas usam tecnologias para solucionar problemas tradicionais, de desempenho, produtividade e eficiência.

## 1.1 Contexto e Problema

Um dos principais objetivos inerentes à I4.0 é garantir uma maior flexibilidade na resposta às alterações dos mercados, nomeadamente, capacitar a indústria para conseguir responder a encomendas independentemente das quantidades e dos clientes [4]. Para atender a esta crescente procura na personalização de serviços e produtos rumo ao incremento da competitividade, as empresas devem adotar uma gestão baseada em dados, implementando tecnologias emergentes que permitam oferecer uma visão analítica da organização e de toda a sua cadeia de valor, só assim é possível dar uma resposta flexível. Uma das áreas críticas das organizações onde esta abordagem poderá ter um impacto superior é na dinâmica do planeamento. Para isso, pretende-se obter uma indústria mais flexível através de dados de toda a cadeia de valor, em tempo-real, de forma a apoiar o processo de tomada de decisão. Isto apenas se poderá considerar uma meta realista se o fluxo de informação acompanhar de forma integrada o fluxo dos materiais e das atividades da cadeia de valor de forma a obter uma indústria completamente interligada, onde todas as partes envolvidas no processo de fabrico do produto se possam unir num processo contínuo de produção totalmente integrado, automatizado, otimizado e de alta eficiência.

Mesmo que neste setor esta colaboração possa não ocorrer num futuro próximo, acreditamos que as relações das empresas com os seus parceiros, em particular fornecedores e subcontratados, está a mudar, impulsionadas pela dinâmica global da indústria 4.0 e a subsequente evolução tecnológica, pressionando a indústria para a transformação digital. Assim sendo, com a I4.0 e com a subsequente evolução das tecnologias estamos a entrar, cada vez mais, numa era de transformação e digitalização das empresas industriais.

Neste contexto de digitalização, os dados são um fator chave e disruptivo, abrindo caminho para novas oportunidades no contexto interempresarial, entre as empresas industriais e os seus fornecedores e subcontratados. Assim, ao permitir a troca de dados entre empresas, é possível desenvolver e implementar serviços digitais orientados a dados [5]. As relações interempresariais envolvem mais que a cadeia de fornecimento, ou seja, têm o objetivo de coordenação e alinhamento da empresa e todos os envolventes no processo produtivo (fornecedores, subcontratados) para a criação de valor.

A cadeia de valor do setor do calçado é caracterizada por processos de fabrico complexos com várias operações e elevado número de materiais, lotes pequenos e heterogeneidade das

encomendas. Como um produto acabado necessita de uma quantidade significativa de materiais, e como cada material poderá envolver vários fornecedores e subcontratados, faz com que durante todo o processo produtivo exista a necessidade de um nível elevado de comunicação entre as partes de forma a proporcionar uma maior otimização das organizações. Neste processo, e como os materiais variam de acordo com o produto, é necessário haver uma maior articulação na comunicação de forma a obter-se mais informação sobre os processos produtivos, contribuindo para um planeamento mais eficiente da produção, garantindo que as empresas cumpram os compromissos acordados com os clientes.

## 1.2 Objetivos

De forma a resolver o problema da partilha de informação e de interoperabilidade dos dados no contexto interempresarial, serão estudadas várias tecnologias relacionadas com aspetos de partilha de informação em rede, num contexto de transformação digital.

Após este estudo, pretende-se explorar estas tecnologias emergentes no contexto da I4.0, mais concretamente os International Data Spaces (IDS), de modo a permitir desenhar e implementar uma arquitetura uniformizada e flexível, permitindo criar um ambiente que facilite a partilha de dados de forma segura, entre os participantes de uma rede. Concretamente pretende-se:

1. Especificar e desenhar mecanismos para recolha e partilha de dados na cadeia de valor, de forma a, posteriormente, esses mecanismos serem implementados numa arquitetura I4.0 baseada em IDS para que, através dos dados, se consiga fornecer um contexto analítico mais interessante para apoiar o processo de planeamento da produção.
2. Desenhar uma solução capaz de estabelecer uma conexão entre contextos de dados IIoT com contextos de dados Business-to-Business (B2B);
3. Testar a conexão entre duas implementações IDS diferentes, de forma a validar o IDS - Reference Architecture Model (IDS-RAM);

A arquitetura desenvolvida será validada no contexto de um projeto nacional, CNI40FOOT<sup>2</sup>, no domínio da I4.0 para o setor do calçado. Este projeto tem como objetivo o desenvolvimento de uma solução inteligente de planeamento capaz de apoiar os gestores na tomada de decisão baseada em dados em tempo-real. Para isso, surge a necessidade de obter dados de todos os fornecedores e subcontratados. É nesta vertente que entra toda esta arquitetura de partilha de informação, de forma a reestruturar os relacionamentos de toda esta indústria para obter soluções mais inteligentes, através de dados atualizados, conseguindo assim planear de uma forma mais otimizada e mais ajustada a cada empresa.

Com isto, pretende-se também verificar se uma arquitetura baseada nos *International Data Spaces* é uma solução viável para a partilha de informação interempresarial (Integração Horizontal), neste caso em concreto, numa rede de Pequenas e Médias Empresas (PME).

### 1.3 Metodologia

No contexto dos objetivos do presente trabalho segue-se uma metodologia de investigação fundamentalmente qualitativa, focada na exequibilidade e utilidade dos artefactos Técnico-Científicos desenvolvidos. A Figura 1 representa o procedimento de investigação seguido na persecução dos objetivos identificados no início do documento.

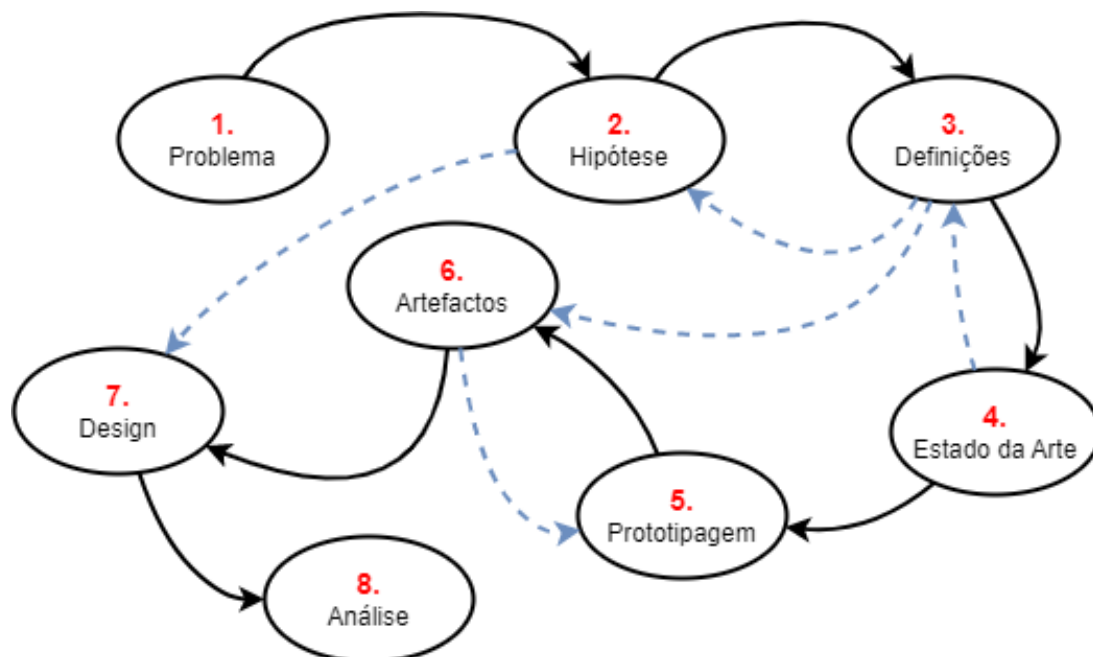


Figura 1: Procedimento de Investigação

<sup>2</sup><https://www.inesctec.pt/pt/projetos/cni40foot>

O procedimento de investigação parte da identificação do problema. Considerando que o problema provém de um projeto de investigação e desenvolvimento em co-promoção no contexto do quadro de financiamento P2020, o desafio genérico encontra-se definido. No entanto, foi necessário estudar e compreender o domínio para o caracterizar e identificar objetivos mais específicos. Consultou-se literatura do domínio e estudou-se projetos passados no mesmo domínio. No fim, reuniram-se as condições para a definição da hipótese de investigação.

Terminadas estas etapas, segue-se a fase de conceptualização, onde são clarificados os principais conceitos do domínio e articulados de forma a compreender de forma clara e inequívoca as fronteiras do problema. Esta etapa é fundamental no curso do desenvolvimento do trabalho e itera com as etapas de análise do estado da arte, bem como, a etapa de design dos artefactos técnicos (neste caso uma arquitetura técnica e os seus componentes). A etapa "Definições" ou conceptualização contribui para guiar as tarefas relacionadas com o estado da arte, garantindo um maior foco na identificação da literatura mais relevante para o caso.

À medida que se percebe o que já existe e quais as lacunas existentes, é possível o desenvolvimento de pequenos protótipos. Os protótipos permitem, por um lado, verificar as abordagens que constam da literatura e, por outro, perceber até que podem ou não ser reutilizadas no contexto do nosso problema. Contudo, não é apenas a literatura que dá mote para o desenvolvimento dos protótipos. Estes têm de estar em linha com o modelo conceptual identificado anteriormente.

No fim desta etapa é possível sistematizar um conjunto de artefactos (componentes) que serão utilizados no desenho da solução final. Para além dos resultados da prototipagem/experimentações, o *framework* conceptual do domínio é fundamental na identificação e desenho dos componentes. Estes terão de responder aos desafios que emergem do *framework* conceptual.

Os artefactos ou componentes, serão incluídos numa arquitetura que responda às questões de investigação e possa materializar a hipótese colocada aquando da caracterização do problema.

A etapa final de análise foca uma abordagem qualitativa alicerçada num caso de estudo onde se avalia a exequibilidade e utilidade da arquitetura face aos objetivos e *framework* conceptual estabelecido.

## 1.4 Questão de Investigação e Hipótese

Para além das eternas questões relacionadas com interoperabilidade entre processos, pessoas e dados, e que neste contexto ganham nova dimensão, a promoção de serviços digitais I4.0 de partilha de informação levanta outros problemas adicionais, nomeadamente relacionados com segurança e proteção de dados. A perda do controlo da informação crítica para o negócio (seja sobre produtos, metodologias de trabalho ou outras) é um fator crítico de sucesso para a adoção de abordagens digitais à partilha de informação interorganizacional. Neste contexto surge a seguinte questão de investigação que conduz todo o trabalho discutido neste documento:

Como implementar uma estratégia de governação de dados no *cluster* industrial do calçado, de modo a que a partilha autónoma, segura e confiável de dados em tempo-real, sobre os produtos e fornecedores, possa contribuir para um planeamento mais dinâmico da produção, assegurando o cumprimento dos compromissos com os clientes.

No seguimento da questão de investigação colocada, surge a hipótese de que a implementação de arquiteturas de interoperabilidade baseadas no conceito de *data spaces* industriais, pode contribuir para a partilha de informação de forma uniformizada, sistematizada, assegurando a soberania dos dados das respetivas entidades. A reutilização de modelos de referência e padrões de arquiteturas orientadas à partilha de dados para implementação de plataforma digitais de interoperabilidade é a solução de engenharia mais interessante e que se pretende explorar no presente trabalho.

Este problema, relativamente complexo, revisita problemas antigos como a interoperabilidade dos dados, a uniformização de processos e arquiteturas de suporte à partilha de informação.

## 1.5 Principais Resultados

Perante os objetivos apresentados, os principais resultados discutidos neste documento são:

- Foi implementada uma arquitetura de interoperabilidade para a cadeia de valor da indústria do calçado, com base no IDS e, verificou-se a sua exequibilidade na capacidade de interligação uniformizada e segura de dois ERPs de empresas diferentes.

- Verificou-se a interligação entre dois conectores IDS diferentes, demonstrando-se que os IDS são efetivamente uma arquitetura baseada em standards que pretende uniformizar a forma como se desenvolvem serviços digitais para a integração horizontal, completamente compatíveis com os princípios I4.0.
- Verificou-se a capacidade de integração de um ecossistema de dados baseado em IDS com plataformas IIoT. Neste caso específico, procedeu-se à interligação da arquitetura IDS com o ORION Context Broker da FIWARE. Deste modo, verifica-se, por exemplo, a possibilidade de interligação do chão de fábrica de uma empresa, com o chão de fábrica dos seus clientes/parceiros, através de soluções uniformizadas, seguras, interoperáveis e com a garantia da soberania dos dados.

## 1.6 Estrutura do Documento

O documento encontra-se dividido em 8 capítulos, cada capítulo aborda um tema relevante para a dissertação.

- **Capítulo 1 - Introdução:** é apresentada a motivação e o contexto do trabalho, bem como os seus objetivos. Também são apresentadas e descritas, na metodologia, todas as fases que foram ocorrendo ao longo do desenvolvimento deste projeto de forma a realizar todos os objetivos e resultados esperados. Por fim, são apresentados os principais resultados e como é estruturado o documento.
- **Capítulo 2 - Estado da Arte:** são apresentadas diversos conceitos e abordagens relacionados com arquiteturas baseadas em dados, que visam resolver os problemas relacionados com a partilha de informação interempresarial, como *Data Governance*, a interoperabilidade e sistemas de gestão e armazenamento de dados.
- **Capítulo 3 - Estado da Arte - Tecnologias:** são apresentadas várias tecnologias emergentes capazes de responder a alguns dos problemas relacionados com a partilha de informação interempresarial.
- **Capítulo 4 - Conceptualização:** são descritas as principais características do setor industrial do calçado, é também apresentada uma descrição da rede colaborativa envolvente e das necessidades de comunicação nas relações interempresariais, onde são apresentados alguns casos de uso para este setor.

- **Capítulo 5 - *Arquitetura da Solução***: é apresentada uma arquitetura conceptual capaz de responder aos problemas identificados ao longo do documento.
- **Capítulo 6 - *Caso de Estudo***: é apresentado o projeto onde o trabalho está enquadrado, bem como é descrito a implementação desta arquitetura num caso de estudo.
- **Capítulo 7 - *Conclusões e Trabalho Futuro***: são referidos alguns resultados do projeto em jeito de conclusão, onde é realizada uma reflexão critica e apresentados alguns aspetos para trabalho futuro.

No final do documento encontra-se um apêndice, onde são definidas as configurações necessárias para iniciar a solução apresentada ao longo deste documento.

## Capítulo 2

# Interoperabilidade e governação de dados na indústria 4.0

### 2.1 Interoperabilidade: novas perspetivas sobre um velho desafio

Da exigência de troca de informação entre parceiros comerciais, surge o conceito de interoperabilidade B2B. A interoperabilidade B2B torna-se necessária para permitir que os parceiros consigam comunicar e trocar documentos de negócio (como ordens de compra, ordens de subcontratação, entre outros), independentemente das diferenças nos sistemas de cada um e de acordo com os processos de negócios implementados por cada empresa. Para ser realmente útil, uma solução de interoperabilidade B2B deve incorporar vários aspetos, como segurança, fiabilidade, disponibilidade, compatibilidade e consistência [6]. As relações comerciais podem ser muito heterogéneas e, conseqüentemente, existem várias abordagens à integração interempresarial. Além disso, atualmente, as médias empresas já começam a alcançar as grandes empresas e as pequenas têm agora uma possibilidade de realmente explorar estas novas abordagens para aprimorarem os seus processos produtivos [6]. De qualquer forma, ainda há muito trabalho a ser feito, especialmente nos setores dominados por pequenas empresas, onde estas tecnologias de interoperabilidade B2B pode resolver muitos dos problemas.

De um modo geral, a interoperabilidade é a possibilidade de dois sistemas comunicarem entre si [7]. Do ponto de vista da informática, é a capacidade de dois sistemas heterogéneos funcionarem em conjunto e partilharem os seus recursos de forma recíproca.

O termo interoperabilidade em rede é geralmente usado para descrever estruturas e sistemas que consistem num conjunto de participantes que estão ligados entre si através de conexões [8]. O princípio simples de participantes e conexões permite uma infinidade de arquiteturas diferentes. As redes formam estruturas abertas que podem crescer sem limites e integrar novos participantes desde que consigam comunicar dentro da rede. O binómio de participantes e conexões devem ser definidos na rede de interoperabilidade. A União Europeia (UE) tem geralmente definido a interoperabilidade da seguinte forma: "Interoperabilidade é a capacidade de as empresas interagir entre si para objetivos mutuamente benéficos, envolvendo a partilha de informação e conhecimento entre estas empresas, através dos processos de negócio que suportam, e de maneira a partilharem informação entre os seus sistemas" [9]. Além da definição escrita, é feita uma distinção entre quatro camadas de interoperabilidade, onde vemos o significado profundo do termo interoperabilidade para o mundo digital:

- **Interoperabilidade Técnica** – A camada na qual são feitos todos os acordos técnicos básicos que permitem atender aos requisitos das três camadas superiores, sendo aqui definidos os intervenientes e as conexões da rede;
- **Interoperabilidade Semântica** – A camada que garante que os requisitos organizacionais, de conteúdo, comunicativos e legais sejam descritos de forma que possam ser implementados com a tecnologia acordada na camada de Interoperabilidade Técnica;
- **Interoperabilidade Organizacional** – A camada na qual todos os fatos relevantes da organização e do contexto são descritos e especificados entre os participantes com base na semântica acordada;
- **Interoperabilidade Jurídica** – A camada na qual a estrutura legal é coordenada pelas partes envolvidas. Para o mundo digital, o marco legal também é descrito na semântica. Disso decorre a exigência de que as partes envolvidas determinem essas regras de forma tão exata que as diretrizes permitam um processamento tecnicamente distinto.

As camadas de interoperabilidade técnica e semântica representam, portanto, a infraestrutura de software para todas as camadas da *Framework* Europeia, onde este é o pré-requisito para redes globais de criação de valor.

No contexto das empresas em rede, a interoperabilidade refere-se à capacidade de realizarem interações entre os sistemas empresariais [7]. No desenvolvimento de soluções de interoperabilidade, normalmente, também são encontrados problemas típicos, aqui divididos em categorias [7]:

- **Conceptuais** – Estão relacionados com as diferenças sintáticas e semânticas das informações a serem trocadas. Estes problemas dizem respeito à modelação num nível elevado de abstração (como, por exemplo, os modelos corporativos de uma empresa), bem como ao nível da programação (por exemplo, modelos XML);
- **Tecnológicos** – Estas barreiras referem-se à incompatibilidade das tecnologias de informação (arquitetura e plataformas, infraestrutura, etc.). Estes problemas dizem respeito aos padrões para apresentar, armazenar, trocar, processar e comunicar os dados através do uso de computadores;
- **Organizacionais** - Relacionam-se com a definição de responsabilidade (quem é responsável pelo quê?) e autoridade (quem está autorizado a fazer o quê?).

No seguimento destes problemas, arquiteturas que tentam proporcionar esta interoperabilidade B2B normalmente encontram problemas de integração, envolvendo os sistemas empresariais [10]. Estes problemas de integração geralmente envolvem, tanto, um grande número e uma grande variedade de troca de informação entre as empresas, como também, um grande número de partes envolvidas (como nas cadeias de abastecimento industriais).

Por essa razão, normalmente optavam pelo desenvolvimento de uma especificação padrão para troca de dados dentro do ecossistema. Nestes problemas de integração, as informações trocadas são geralmente bem compreendidas pelas partes envolvidas. No entanto, devido às diferenças entre as implementações dos sistemas, pode haver diferenças significativas nas interpretações dos padrões de troca de dados e nas soluções de integração o que pode dificultar a trocas de dados nas redes dos participantes [10]. Devido à significativa heterogeneidade dos dados trocados, ao tamanho da rede dos participantes e às grandes variações nas implementações de sistemas, o custo total de um esforço manual para desenvolver, usar e gerir soluções tradicionais de integração baseadas em padrões é geralmente muito grande, se possível [11].

Na literatura, em casos anteriores tentaram criar novas arquiteturas para ultrapassar os problemas de padrões tradicionais caros e ineficientes que dependem de desenvolvimento, uso e suporte de gestão rudimentares. No entanto, essas estratégias têm sido lentas e ineficazes, e provaram ser inviáveis em termos de sustentação da solução real e cativação da indústria [12]. Nos últimos anos, surgiram novos casos com avanços significativos no estado da arte e na prática na gestão do ciclo de vida dos padrões de troca de dados [13]. A abordagem geral adotada foi fortalecer a base dos padrões de troca de dados, incluindo novos conceitos e métodos para dar suporte a novos recursos.

Noutras palavras, as estruturas gerais de modelagem de dados usadas nos padrões tradicionais para a gestão do ciclo de vida da troca de informação, como a estrutura geral de modelação XML, foram substituídas por uma mais focada que troca a generalidade por novos recursos importantes [10].

Portanto, a interoperabilidade é um fator chave na implementação de soluções digitais para a indústria 4.0. Um exemplo é a implementação de soluções IIoT. O desafio particular é a comunicação entre empresas, que requer a interoperabilidade de todos os intervenientes da rede digital.

A abordagem técnica e metodológica de uma rede de Interoperabilidade é complementada por considerações económicas e sociais. A padronização é um pré-requisito importante para a interoperabilidade global [8]. Uma rede de Interoperabilidade é como um espaço económico digital com um único tipo de produto, os dados, em que precisa de estruturas de padronização, participação das partes interessadas e desenvolvimento técnico e económico contínuo.

Mais recentemente, a Interoperabilidade, muitas vezes, é acompanhada por termos como *Data Sovereignty* [14]. As empresas entendem que os dados são uma fonte valiosa para otimizar os seus processos. Ainda assim, esse benefício está a ocorrer de forma mínima porque as empresas temem perder o controlo sobre os seus dados confidenciais [15]. *Data Sovereignty* é definida como o direito de determinar quem tem permissão para fazer o quê com os dados do proprietário dos dados e em que contexto o deverá fazer [16].

## 2.2 Governação de dados em contextos colaborativos

*Data Governance* também desempenha um papel essencial numa economia digital e deve ser pensada para o futuro. Nos últimos anos, os volumes de dados utilizados nas empresas aumentaram drasticamente, desempenhando um papel crítico nas operações das empresas [17]. Em particular, os dados não só influenciam as decisões estratégicas como também as operacionais. Um dos aspetos que se tornou fundamental nas empresas é como gerir estes dados para que os mesmos sejam tratados como um ativo de valor [18]. *Data Governance* tem ganho popularidade rapidamente [19] [18] [20] e é considerado um assunto emergente no campo dos Sistemas de Informação (SI) [21]. *Data Governance* também é considerada como uma abordagem promissora para as empresas melhorarem e manterem a qualidade e o uso dos seus dados [22] [23].

*Data Governance* especifica uma *framework* multi-funcional para gerir dados como um ativo empresarial [22]. Ao fazer isso, *Data Governance* define direitos e deveres relacionados a decisões e responsabilidades para a tomada de decisão de uma organização, a fim de ser capaz de lidar adequadamente com os dados como um ativo da empresa [23] [24]. Além disso, *Data Governance* formaliza políticas, padrões e procedimentos de dados e monitoriza toda a sua conformidade [25]. Esta definição sobre *Data Governance* tem seis partes [25]:

1. é um esforço multi-funcional, em que permite a colaboração entre diferentes áreas de negócio.
2. é uma *framework* que fornece estrutura e formalização na gestão dos dados.
3. centra-se nos dados como um ativo da empresa.
4. define direitos de decisões e responsabilidades para a tomada de decisão de uma empresa sobre os seus dados.
5. desenvolve políticas, padrões e procedimentos de dados, em que estes artefactos devem ser consistentes com a estratégia da empresa e promover o comportamento desejável na utilização dos dados.
6. monitoriza toda a conformidade e implementa controlos para garantir que as políticas e padrões de dados sejam seguidos.

Esta definição também considera a diferença entre *Data Governance* e gestão dos dados, onde a relação entre estas partes é baseada numa diferença proposta pela International Organization for Standardization (ISO) em relação à Governança e Gestão (ISO/IEC 2015) [22]. Seguindo esta distinção, *Data Governance* refere-se a quais decisões devem ser tomadas e quem toma essas decisões, enquanto a gestão dos dados trata de tomar essas decisões como parte da execução diária das políticas de *Data Governance* [18] [21] [26] [25]. Assim, a gestão é influenciada pela governança [22]. Portanto, podemos distinguir entre as atividades de governança de dados e as atividades necessárias para a gestão dos dados. A definição de *Data Governance* indica quem detém os direitos de decisão e a responsabilidade sobre os dados de uma empresa [23].

Atualmente, *Data Governance* está a assumir um nível mais elevado de importância nas empresas [27]. Isso deve-se a algumas tendências importantes, como o aumento do volume de dados nas empresas. Os crescentes volumes de dados de diversas fontes causam inconsistências na informação que precisam de ser identificadas e tratadas antes que as decisões sejam tomadas com base em dados incorretos. O impacto contínuo dos regulamentos, como o Regulamento Geral de Proteção de Dados (RGPD), aumenta a pressão sobre as empresas para que tenham um maior controlo sobre quais dados são armazenados e onde e como é que estes dados estão a ser utilizados [25].

*Data Governance* em redes de empresas é uma área de investigação bastante promissora. As empresas colaboram cada vez mais com empresas parceiras e fornecedores como partes envolventes da cadeia de valor [28] [29]. No entanto, nesta área é necessário garantir que as empresas garantam a propriedade e o controlo dos dados nos relacionamentos interempresariais, especialmente na troca de dados sensíveis, em que levanta preocupações sobre privacidade [30]. É necessário utilizar mecanismos de *Data Governance* que possam ajudar as empresas a manter o controlo sobre os seus dados nos ecossistemas interempresarias. Para isso, é necessário também explorar práticas de *Data Governance* que apoiem as empresas numa determinação eficaz sobre como os seus dados devem ser utilizados [25]. É necessário também explorar como é que estes mecanismos podem utilizar metadados e outros conceitos para facilitar a interoperabilidade entre as empresas e a rastreabilidade dos dados [25].

Por fim, é necessário explorar mecanismos de *Data Governance* que possam ser utilizados para promover um ecossistema interempresarial de forma a desconstruir o encapsulamento dos dados nas empresas [25]. Além disso, as empresas precisam de criar um ambiente de

partilha de dados padronizado e confiável [31] [32] [25].

Neste aspeto, existem diretrizes utilizadas noutro setor que podem ser levadas em consideração para a governação de uma rede de interoperabilidade [8], nomeadamente:

- **Participação** – A adesão deve ser aberta a todas as partes interessadas;
- **Transparência** – As informações fundamentais sobre governação e decisões devem ser acessíveis a todos os participantes;
- **Representação dos Participantes** – A Governação e as atividades administrativas estão a representar a vontade e as necessidades de uma ampla gama de participantes;
- **Apoio científico** – O acompanhamento consultivo e a parceria de organizações científicas são de importância crucial para garantir o desenvolvimento em benefício dos participantes;
- **Representação da indústria** – O compromisso das empresas de desenvolvimento de software para a indústria é substancial para a comercialização de uma rede de Interoperabilidade;
- **Não-partidarismo e equilíbrio de interesses** – Nenhum interesse especial deve dominar os processos de tomada de decisão;
- **Estruturas de tomada de decisão eficientes** – As decisões devem ser tomadas através de procedimentos que assegurem que todas as opiniões sejam levadas em consideração;
- **Consenso** – Em todas as decisões, deve-se obter o maior consentimento possível dos participantes;
- **Concorrência** – Os participantes de uma rede de interoperabilidade incluem empresas que competem diretamente entre si. A governação de uma rede de interoperabilidade deve, portanto, garantir o cumprimento dos requisitos legais relevantes;
- **Relevância** – A governação de uma rede de interoperabilidade deve prestar atenção especial à aplicabilidade das tecnologias e estruturas desenvolvidas;
- **Eficácia** – As decisões devem ser elaboradas de forma a que possam ser implementadas o mais rápido possível;
- **Orientação para a interoperabilidade** – A interoperabilidade sustentável deve receber a mais alta prioridade no desenvolvimento de uma rede de interoperabilidade.

Uma rede de interoperabilidade deve fornecer uma estrutura chamativa, justa e orientada para a otimização dos processos de todos os participantes, estabelecendo redes globais de criação de valor B2B interoperáveis, de forma a suportar um ecossistema destinado a um setor ou a um conjunto de setores.

O conceito de *Data Marketplace* já foi introduzido há alguns anos [33]. No entanto, existem várias razões para a falta deste tipo de *Data Marketplace* que incluem questões de segurança, uma plataforma comum aceite, um mecanismo de comunicação comum aceite e questões de confiança [34]. A maioria dos negócios da área industrial são baseados em relacionamentos construídos ao longo do tempo e onde existe uma alta confiança entre os *stakeholders* [35]. No entanto, a gestão dos dados tinha sido identificada como um dos principais desafios para as arquiteturas Internet of Things (IoT) [36].

As soluções propostas até recentemente focavam na criação de soluções de armazenamento de *back-end* mais os mecanismos de indexação para descobrir as informações relevantes entre a enorme quantidade de dados que as infraestruturas IoT podem gerar [37]. No entanto, um dos problemas derivados destas propostas é que para serem utilizadas era necessário que as plataformas existentes negociassem o acesso individualmente e se adaptassem à API e aos modelos de informações específicos da plataforma. Ter de realizar estas ações para cada plataforma muitas vezes limita a aplicabilidade das aplicações desenvolvidas, visto que precisam de ser adaptadas às diferentes plataformas. Essa fragmentação de IoT e a falta de interoperabilidade resultam em altas barreiras de entrada e impedem o surgimento de ecossistemas de IoT amplamente aceites.

Apenas recentemente surgiram algumas iniciativas que definem não apenas as plataformas de gestão de dados que suportam o *marketplace*, mas também os mecanismos de interoperabilidade que tornam as soluções propostas preparadas para integrar uma quantidade potencialmente infinita de infraestruturas heterogêneas de IoT [38].

Os dados gerados pelos dispositivos de IoT pertencem, principalmente, aos proprietários desses mesmos dispositivos e, geralmente, são de natureza privada. No entanto, existem terceiros que podem beneficiar da utilização desses dados, e o desafio é permitir que eles cedam a essa informação nas condições que os proprietários dos dados considerem aceitáveis.

## 2.3 Principais padrões de concepção de arquiteturas de dados

Sendo esta uma implementação de uma arquitetura de interoperabilidade baseada em modelos de referência, faz todo o sentido entender os principais padrões para a especificação de arquiteturas de dados, de forma a permitir validar os requisitos de concepção. Para isso, será importante explorar os estes padrões para gestão, armazenamento e processamento de grandes volumes de informação, como o *Data Warehouses*, o *Data Lakes*, o *Data Fabric* e o *Data Mesh*.

Quando falamos em padrões de concepção de arquiteturas de dados, um dos termos mais conhecidos é o *data warehouse*. Contudo, os *data lakes* surgiram como um complemento aos *data warehouses*, com algumas diferenças. A principal diferença é que os *data warehouses* geralmente requerem a definição de um *Schema* na escrita dos dados (*schema-on-write*), ao contrário dos *data lakes* que utilizam o *Schema* na leitura (*schema-on-read*). Um *data lake* refere-se a um repositório escalável que contém dados brutos (“*As-Is*”), não estruturados e estruturados, de qualquer tamanho, que vêm de fontes diversas. Nele, as empresas armazenam os dados da forma que são gerados, sem nenhum tipo de tratamento [39].

Os *data lakes* geralmente são construídos para lidar com grandes volumes de dados estruturados ou não estruturados, onde novos dados podem estar constantemente a ser adicionados. Um *data lake* pode ser imaginado como um enorme *dataset* com dados históricos e com dados novos em tempo quase real num único local, onde cada elemento de dados possui um identificador exclusivo e um conjunto de *tags* de metadados [40]. Portanto, os *data lakes* servem como um local para realizar análises preliminares de dados, enquanto a estruturação dos dados é flexível e realizada apenas para o que é necessário [41]. Enquanto alguns dos dados num *data lake* podem ser extraídos, transformados e carregados num *Database Management System* (DBMS) ou em *data warehouses* existentes, alguns deles podem ainda ser consumidos para a realização de tarefas específicas de análise de dados. Além disso, alguns desses dados poderão ser dados recolhidos diretamente de sensores, o que significa que é necessário a criação de informação adicional de forma a serem carregados num *data warehouse* [42]. Os *data lakes* atuais fornecem uma forma de armazenamento confiável para grandes volumes de dados juntamente com *frameworks* (como o Hadoop ou o Apache Spark) e com ferramentas de *Data Governance* (incluindo gestão de identidade e autenticação). Estas ferramentas ajudam os proprietários de dados e os consumidores, a criar e utilizar os dados num *data lake*

através de *marketplaces*, por exemplo.

O *Data Fabric* é um padrão de conceção de arquiteturas de dados para a gestão e integração de informação, que consiste em arquiteturas de software, integração e gestão de dados, e partilha de informação. Este foi conceptualizado para ajudar as organizações a resolver problemas provenientes de um enorme volume de informação e de casos de uso complexos em termos de gestão da informação, independentemente dos vários tipos de aplicações, plataformas e locais onde os dados são armazenados. O *Data Fabric* permite o acesso e a partilha de informação num ambiente distribuído, em que ao criar standards para a gestão de informação proporciona um maior controlo sobre a informação, não só de acessos, como também de gestão [43].

Principalmente, o *Data Fabric* proporciona consistência que permite com que a informação seja utilizada e partilhada para qualquer parte num ambiente. Esta informação poderá ser uma combinação de várias fontes e de diferentes tipos de informação, de forma a criar uma única fonte de dados virtual. Uma abordagem *Data Fabric* proporciona a utilização e partilha de informação, sem impedimentos, numa infraestrutura distribuída. Uma abordagem *Data Fabric* simplifica a análise de informação, especialmente para casos de inteligência artificial e *machine learning*. Qualquer empresa que pense nos dados como um ativo de valor importante precisa de uma abordagem holística que supere os obstáculos de tempo, espaço, diferentes tipos de software e localização da informação. Um *data fabric* proporciona um ambiente seguro, eficiente e unificado e uma solução de dados à prova de futuro para as empresas [43].

De forma a entender a diferença entre o *Data Fabric* e os *Data Warehouses* ou *Data Lakes*, é importante compreender as características de cada um:

- ***Data Warehouses*** são muito bons para armazenar informação estruturada e para disponibilizar essa informação de uma forma compacta para a análise de dados. Por outro lado, não funciona com informação não estruturada, que representa a maioria da informação recolhida pelas empresas.
- ***Data Lakes*** proporcionam o armazenamento de todos os tipos de informação, tanto estruturada como não estruturada, e são capazes de ter informação de fontes completamente distintas. Os *Data Lakes* não suportam dados em tempo-real e podem ter problemas de demora no tempo das respostas para determinadas *queries*.

- **Data Fabric** consegue ultrapassar estes obstáculos ao criar acessos a informação processada e ao conseguir ter informação armazenada localmente ou em ambientes distribuídos. Uma abordagem *Data Fabric* pode ter dados de diferentes fontes, como *data warehouses* ou *data lakes*, ou qualquer outro tipo de fonte de informação.

Mais recentemente, surgiu o *Data Mesh* que, como os padrões referidos anteriormente, é um padrão para conceptualizar e desenvolver arquiteturas de gestão de informação. Ao contrário de uma arquitetura centralizada e monolítica baseada num *Data Warehouse* e/ou num *Data Lake*, o *Data Mesh* é uma arquitetura de dados altamente descentralizada. O objetivo do *Data Mesh* é tratar os dados como um produto, onde cada fonte de dados tem o seu próprio proprietário e onde o domínio é claramente identificado [44]. Sendo assim, os domínios tornam-se os blocos de construção fundamentais num *Data Mesh*, levando a uma arquitetura distribuída orientada ao domínio. Cada domínio deve ser detetável, autoexplicativo, seguro (governado através de um controlo de acesso global), confiável e interoperável [45]. Cada domínio poderá armazenar os seus próprios dados, estruturados ou não estruturados, num *Data Lake* ou em qualquer tipo de fonte de dados. Os dados de um domínio específico de um *Data Mesh* são disponibilizados através de um *Mesh Node*, conhecido por todos os utilizadores, que podem ter acesso de acordo com uma política de *Data Governance* presente naquele *Node* (por exemplo, o *Node A* pode ler os dados, mas o *Node B* não pode) [44]. Desta forma, é possível garantir um aumento na qualidade dos dados de um *Data Mesh* dentro da empresa.

Resumidamente, *Data Mesh* tenta resolver três desafios em relação às outras abordagens:

- **Falta de propriedade (*Data Provenance*)** – É necessário saber quem é o proprietário dos dados, de forma a conseguirmos perceber em que contexto é que os dados foram recolhidos.
- **Falta de qualidade (*Data Quality*)** – É necessário saber em que contexto a informação foi recolhida, de forma a garantir uma melhor qualidade dos dados.
- **Falta de escalabilidade (*Scalability*)** – É necessário descentralizar o armazenamento, de forma a conseguir garantir a escalabilidade da arquitetura.

Visto isto, depois de identificados os principais padrões de concepção de arquiteturas de dados, poderemos verificar de seguida que os IDS seguem uma abordagem emergente orientada ao padrão Data Mesh, sendo que seguem os mesmo princípios de uma arquitetura descentralizada, onde o objetivo é tratar os dados como um ativo da empresa, com um domínio/setor claramente identificado e onde os dados tem o seu próprio Data Owner. Nos IDS os dados são disponibilizados através de um conector, conhecido por todos os participantes, onde podem ser aplicadas políticas de *Data Governance*.

## Capítulo 3

# Tecnologias emergentes para implementação de arquiteturas de interoperabilidade

A inovação tem um papel crucial na revolução industrial, visto que é através da inovação que vão surgindo avanços industriais e tecnológicos. Estes, por sua vez, impulsionam a digitalização, automação e flexibilização dos processos de produção e com eles a necessidade de explorar novas formas de colocar as inovações tecnológicas ao serviço da indústria, através de arquiteturas de referência, de forma a otimizar e simplificar os vários processos de produção. Por conseguinte, há uma necessidade de existirem meios que permitam uma partilha de dados de negócio, garantindo a sua rastreabilidade mas, salvaguardando questões de privacidade e mantendo a soberania sobre os dados. Neste contexto, surgiram, recentemente, algumas tecnologias que respondem à necessidade de ter arquiteturas que permitam implementar projetos no âmbito da Indústria X.0<sup>1</sup>, capazes de responder a este tipo de problemas emergentes, relacionados com a partilha de informação interempresarial. Como exemplos concretos destacam-se os Smart Contracts [46], Blockchain [47], FIWARE Open Source Platform [48] e IDS [49].

---

<sup>1</sup>Combinação de tecnologias emergentes, conectadas e inteligentes que fazem a transformação digital na indústria.

### 3.1 Blockchain e Smart Contracts

A Blockchain é uma base de dados distribuída que é partilhada entre os nós de uma rede de computadores. A inovação da Blockchain é o facto de garantir a fidedignidade e segurança de um registo de dados e gera confiança sem a necessidade de um intermediário confiável [47]. Uma diferença fundamental entre uma base de dados típica e a Blockchain está em como os dados são estruturados, ou seja, a blockchain guarda informações em grupos, conhecidos como blocos, que contêm conjuntos de informações [47]. Os blocos têm determinadas capacidades de armazenamento e, quando são preenchidos, são fechados e vinculados ao bloco previamente preenchido, formando assim, uma cadeia de dados conhecida como Blockchain. Todas as novas informações que seguem esse bloco são compiladas num novo bloco que também será adicionado à cadeia quando estiver preenchido. Numa base de dados típica, os dados são, geralmente, estruturados em tabelas, enquanto na Blockchain, como o próprio nome indica, os dados são estruturados em blocos que são encadeados. Essa estrutura de dados, inerentemente, cria uma linha temporal de dados irreversível. Com isto, o objetivo da Blockchain é permitir que informações digitais sejam guardadas e distribuídas, mas não editadas. Dessa forma, a blockchain é a base para blocos imutáveis ou registos de transações que não podem ser alterados ou eliminados.

Subjacente à Blockchain, um Smart Contract é um programa identificado por um endereço numa rede Blockchain ou infraestrutura distribuída. Quando um Smart Contract é ativado derivado de uma transação na Blockchain, este é validado na rede e são executadas funções predefinidas [46]. Como as condições de um Smart Contract são armazenadas de forma transparente na Blockchain, poderá reduzir os problemas de confiança entre as partes envolvidas, visto que funcionará como todas as partes pretendem. Os principais componentes do Smart Contract são um conjunto de funções executáveis e variáveis de estado. Cada transação possui parâmetros que são exigidos por uma função no Smart Contract. Durante a execução de uma função, o estado das variáveis é alterado dependendo da lógica implementada.

Com todas as evoluções e inovações na área tecnológica, surgem ferramentas de forma a complementar o desenvolvimento com estas tecnologias inovadoras. Algumas destas tecnologias são Solidity<sup>2</sup>, Geth<sup>3</sup>, Truffle<sup>4</sup>, DAML<sup>5</sup>. Como a Digital Asset Modeling Language (DAML)

---

<sup>2</sup><https://soliditylang.org/>

<sup>3</sup><https://geth.ethereum.org/>

<sup>4</sup><https://trufflesuite.com/>

<sup>5</sup><https://www.digitalasset.com/developers>

representa uma solução capaz de responder a estes pressupostos e, visto que é uma das únicas soluções *open-source*, será uma tecnologia foco neste trabalho. A DAML é uma linguagem de programação *open-source*, desenvolvida especificamente para o desenvolvimento rápido de aplicações inovadoras, fáceis de ler e escrever usando Smart Contracts [50]. A DAML utiliza uma linguagem de Smart Contract criada especificamente para aplicações *full-stack* e ferramentas de desenvolvimento para Blockchains, *ledgers* distribuídos e base de dados. DAML é uma linguagem funcional e foi projetada para fluxos de trabalho de negócios distribuídos, ou seja, no desenvolvimento de uma aplicação é possível focar mais na programação de processos de negócios, reduzindo a quantidade de tempo que demoraria para desenvolver com a Blockchain.

A Blockchain tem grandes utilidades para as organizações, pode ser utilizada para verificar as origens dos produtos, como também para registar logs de transações ou comunicações entre os participantes, como representado na Figura 2, permitindo verificar/auditar estas transações, fortalecendo a transparência na cadeia de valor. Como a blockchain é muito forte em termos de segurança, tentativas de falsificações podem ser detetadas imediatamente, garantindo a segurança dos participante, o que aumenta a capacidade das organizações garantirem que os seus parceiros cumpram as suas partes do acordo.

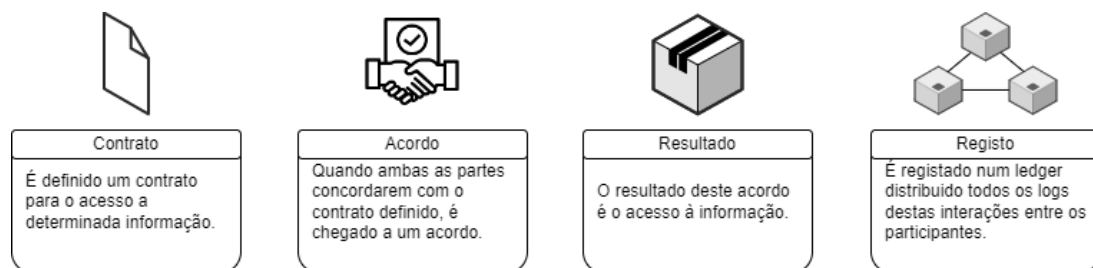


Figura 2: Registo de logs de transações

## 3.2 FIWARE

A iniciativa FIWARE surge com uma solução capaz de responder à necessidade de obter, processar e disponibilizar os dados a várias entidades, definindo um conjunto de padrões universais para a gestão desses mesmos dados. A FIWARE corresponde a um ambiente de desenvolvimento onde estão presentes várias componentes de uma plataforma *open-source*, que podem ser integradas entre si ou com componentes de terceiros, com o intuito de construir plataformas que suportem o desenvolvimento de soluções inteligentes no domínio da indústria 4.0, em particular, para a captura de dados de ativos físicos do chão de fábrica, processamento e baseado na *cloud* [48]. A FIWARE é, deste modo, uma solução para implementação de soluções IIoT. No entanto, a política de criação de um mercado de aplicações *open-source* permite o uso de componentes específicos na construção de arquiteturas mais abrangentes.

A FIWARE tem uma *framework* madura de componentes de IoT, representados na Figura 3, que podem ser implementados juntos ou com outros componentes de terceiros para construir plataformas que suportam o desenvolvimento de soluções inteligentes de forma mais rápida, fácil e barata. O principal e único componente obrigatório de qualquer plataforma ou solução “*Powered by FIWARE*” é o FIWARE Context Broker Generic Enabler<sup>6</sup>, que fornece a função fundamental e necessária de qualquer solução inteligente: a necessidade de gerir informações de contexto, permitindo realizar atualizações e fornecer acesso ao contexto.

FIWARE NGSI<sup>7</sup> é a API exposta por um FIWARE Context Broker, é utilizada na integração de componentes dentro de uma plataforma “*Powered by FIWARE*” e por aplicações, de forma a consumirem informações do contexto. As especificações da API FIWARE NGSI evoluíram ao longo do tempo, correspondendo inicialmente às especificações NGSI-v2, e agora alinhando-se com o padrão NGSI-LD.

---

<sup>6</sup><https://github.com/telefonicaid/fiware-orion/>

<sup>7</sup><https://fiware-datamodels.readthedocs.io/en/stable/ngsi-ld>

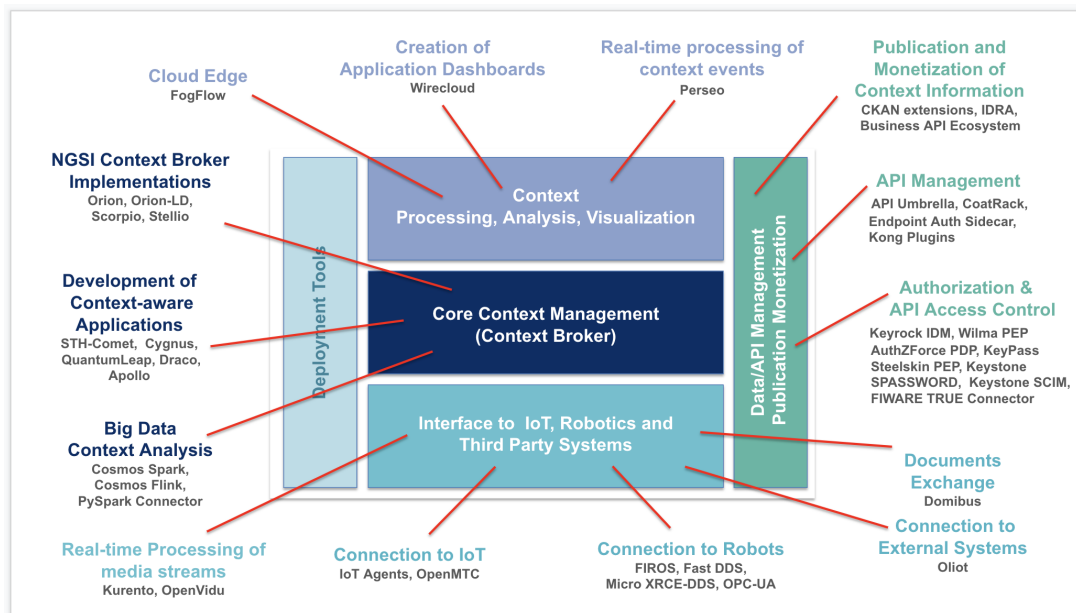


Figura 3: Ecossistema FIWARE <sup>8</sup>

A FIWARE disponibiliza um conjunto de FIWARE Generic Enablers, complementares ao FIWARE Context Broker, que lidam com:

- Interfaces com IoT, Robôs e sistemas de terceiros, para recolha de informações de contexto;
- Gestão, publicação e monetização<sup>9</sup> de dados de contexto, trazendo suporte ao controlo da utilização e a oportunidade de publicar e monetizar parte dos dados de contexto gerados.
- Processamento, análise e visualização de informações de contexto, implementando o comportamento inteligente esperado das aplicações e/ou auxiliando os utilizadores finais na tomada de decisões inteligentes.

A FIWARE também lidera iniciativas para apoiar a adoção de uma arquitetura de referência e modelos de dados comuns compatíveis que sustentam um mercado digital de soluções inteligentes interoperáveis e replicáveis em vários setores [51], os SmartModels. Os SmartModels é um catalogo de esquemas categorizado por setor de atividade, e que permite disponibilizar vocabulários (metadados) num formato standard JSON-LD, para descrição de informação em vários domínios. É um esforço em direção a um nível elevado de interoperabilidade de

<sup>8</sup> <https://fiware-academy.readthedocs.io/en/latest/>

<sup>9</sup> explorar os dados como ativos industriais de modo a obter vantagem competitiva. O resultado pode ser económico ou poderá ser ao nível de melhoria dos processos

uniformização, de forma a acabar com a inconsistência nos modelos de dados e evitar barreiras na integração e utilização eficaz dos dados.

Investigando a literatura, é possível encontrar várias áreas de aplicação do FIWARE. Por exemplo, o projeto SmartPort [52], que utilizou o FIWARE para desenvolver uma plataforma que, através de uma arquitetura distribuída de recolha de dados dos sensores num porto e de uma aplicação que permite aos utilizadores explorar os dados geolocalizados, consegue cumprir com as necessidades de análise e visualização de informação para gerirem infraestruturas complexas como neste caso, um porto marítimo.

Já na área da agricultura inteligente, o sistema IoT da solução Agricolus [53] foi desenvolvido com a infraestrutura FIWARE, em que este produto consegue juntar Hardware e Software num processo de tomada de decisão que apoia as atividades agrícolas de forma a melhorar a atividade de produção agrícola e consequentemente a produtividade e sustentabilidade desta atividade.

### 3.3 Gaia-X

O projeto GAIA-X [54], consiste numa nova iniciativa que segue a mesma visão da iniciativa IDS de promover a *Data Sovereignty* e de criar um ecossistema onde a partilha de dados é realizada de forma segura e confiável, ao possibilitar a interoperabilidade e a portabilidade das infraestruturas de dados e serviços. Assim sendo, a iniciativa GAIA-X propôs uma arquitetura, onde une novos conceitos, relacionados com a *Data Sovereignty*. A arquitetura do GAIA-X, aponta para uma rede descentralizada, onde múltiplos sistemas seguem um standard comum. Para que a arquitetura consiga cumprir com a visão do GAIA-X, deve estar de acordo com os princípios base da arquitetura, que são: a Abertura e Transparência, a Autenticidade e Confiança, os Serviços de Federação e a Interoperabilidade [54].

Na Figura 4 podemos observar, que a arquitetura do GAIA-X é formada por dois ecossistemas, um de Infraestrutura e outro de Dados, ambos ligados através de vários Serviços de Federação<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup><https://gaia-x.eu/what-is-gaia-x/core-elements/federation-services/>

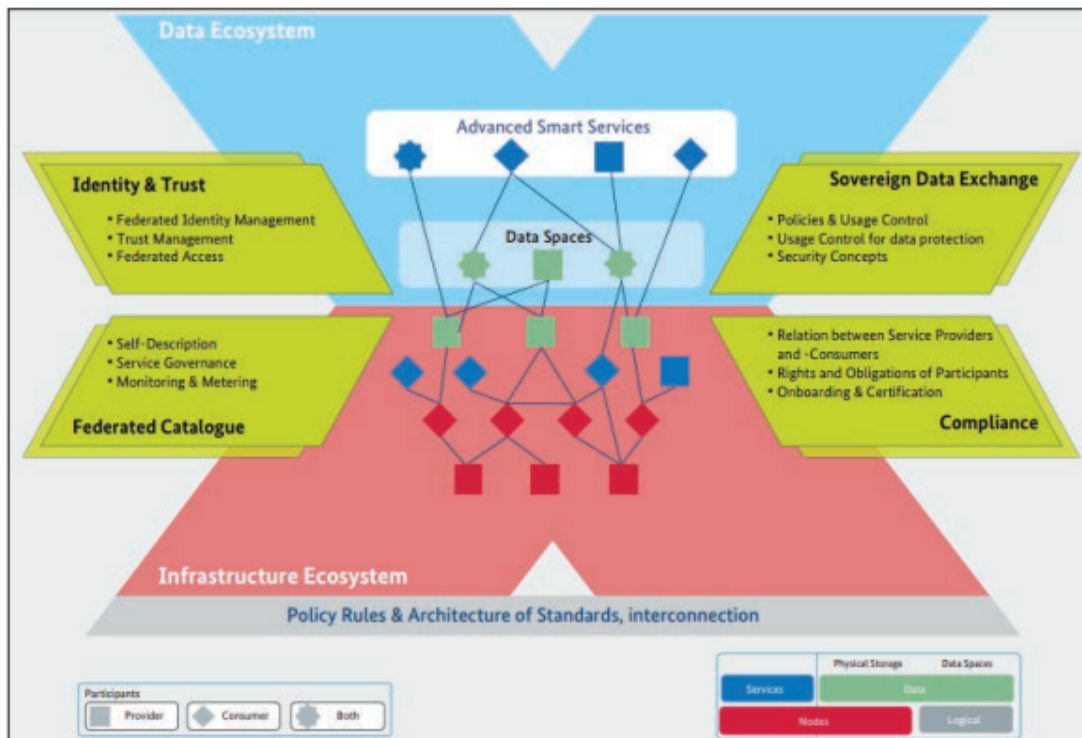


Figura 4: Visão Geral da Arquitetura GAIA-X [54]

O Ecosistema de Infraestrutura é onde a atividade é focada no fornecimento ou consumo de serviços de infraestrutura que são representados, principalmente, pelo Ativo denominado *Node*. Inclui componentes de infraestrutura para armazenar, transferir e processar dados. Os *stakeholders* envolvidos neste ecossistema incluem *cloud services providers*, *network providers* e *(edge) cloud providers*. O Ecosistema de Dados suporta os *Data Spaces* e a construção de serviços inteligentes na integração vertical da indústria, e são representados pelo Ativo denominado *Data* [54]. Semelhante ao IDS, o GAIA-X classifica os seus participantes como *Providers* e *Consumers* de Dados. Na base da arquitetura, também podemos observar, que estão presentes as Políticas e uma Arquitetura de *Standards (Policy Rules Architecture of Standards, Interconnection)*. Nesta arquitetura, os Serviços de Federação são utilizados para estabelecer a conexão entre o Ecosistema de Infraestrutura e o Ecosistema de Dados, e por isso são considerados como o núcleo do GAIA-X [54]. Estão presentes nos Serviços de Federação, os serviços de *Identity and Trust*, os serviços de *Compliance*, os *Federated Catalogues* e os serviços de *Sovereign Data Exchange*.

### 3.4 International Data Spaces

Os *International Data Spaces* prezam-se pela possibilidade de as empresas poderem trocar dados entre si sem terem de abdicar dos direitos sobre os seus dados. Eles focam-se na criação de uma rede de dados descentralizada, abrangendo toda a cadeia de valor, e que a partir de um conjunto de padrões, definidos pela International Data Space Association (IDSA), permitem a troca de dados de forma segura, entre os seus participantes. Os participantes da IDS necessitam de seguir um conjunto de regras que asseguram a interoperabilidade dos dados e a sua segurança [49]. Esta tecnologia segue uma abordagem baseada em *Data Spaces*, ou seja, os *Data Spaces* consistem numa rede de diversas fontes de dados, que estão relacionadas entre si, e dispõem de propriedades que resolvem alguns dos problemas relacionados com a integração de dados, como a heterogeneidade das fontes e a sua estruturação [55].

A iniciativa IDS visa criar um espaço de dados seguro onde empresas do setor têm a possibilidade de partilhar os seus dados com segurança. A IDS permite estabelecer uma conexão segura entre os conectores IDS, nos quais os dados são partilhados com segurança e só podem ser acedidos de acordo com regras definidas pelos participantes (normalmente o *Data Owner* e o *Data User*), garantindo a soberania dos dados para o *Data Owner* [56] através de políticas que garantem o cumprimento de contratos digitais previamente acordados. O *IDS Connector* é o componente principal do IDS, este é utilizado por todos os participantes para estabelecer uma ligação entre as fontes de dados dos *Data Providers* e as aplicações dos *Data Users* dentro da IDS. Através do conector IDS é possível garantir a segurança nas conexões entre participantes confiáveis e definir o controlo de acesso e de utilização dos dados partilhados [49]. Portanto, com os IDS, as empresas podem implementar esta partilha de dados com segurança, permitindo inovar e otimizar os processos de negócio. Nos IDS existem quatro aspetos fundamentais para todo o processo:

- ***Data Providers*** – quem fornece os dados, que, posteriormente, podem ser acedidos pelos *Data Users*. Também definem regras de acesso e utilização, como também, a monetização desses mesmos dados;
- ***Data Users*** – quem utiliza os dados, e, eventualmente, eles próprios também podem ser *Data Providers*;

- **Broker** – intermediário que registra e gere informações sobre as fontes de dados disponíveis no IDS, é responsável por fornecer ao *Data Users* metadados sobre determinados *Data Providers*;
- **Certification Authority** – componente responsável pela certificação dos participantes dos IDS através de padrões definidos pela IDSA.

De forma a alcançar os seus pressupostos, a IDSA definiu um conjunto de fatores importantes nesta partilha de informação [49]:

- **Data Governance** – os IDS definem uma estrutura de direitos e processos de tomada de decisão em relação à definição, criação, processamento e uso dos seus dados;
- **Data Sovereignty** – os IDS promovem a interoperabilidade entre todos os participantes com base na premissa de que a autodeterminação total em relação aos bens de dados de cada um é crucial na rede de negócios. A troca de dados ocorre através de uma transferência de dados, de forma segura e criptografada, incluindo autorização e autenticação;
- **Data Economy** – os IDS oferecem uma plataforma para as empresas trocarem dados, oferecendo a possibilidade de poderem monetizar esses dados, visto que, nos tempos em que vivemos, os dados são um bem económico. Ao fazê-lo, oferecem uma arquitetura básica para organizações que desejam otimizar as suas cadeias de valor. O principal objetivo é permitir que os participantes aproveitem o potencial de seus dados dentro de uma rede de negócios segura e confiável;
- **Data Quality** – os IDS abordam explicitamente o aspeto da qualidade dos dados devido à correlação entre a boa qualidade dos dados e a maximização do valor dos dados como um bem económico. De salientar que as arquiteturas IDS são baseados em standards e princípios FAIR Data [57]. Visto isto, os IDS permitem que os seus participantes avaliem a qualidade das fontes de dados através de informações publicamente disponíveis;
- **Data Provenance** – os IDS fornecem uma maneira de rastrear a origem dos dados. O rastreamento dos dados pode ser implementado com componentes de rastreamento local integrados aos IDS *Connectors*, onde são efetuados *logs* relativos às atividades de troca de dados;

O *IDS Connector* é o componente principal dos IDS, usado por todos os participantes para estabelecer a ligação entre as fontes de dados dos *Data Providers* e os *Data Consumers* dentro dos IDS. Através do *IDS Connector* é possível garantir a segurança nas conexões entre participantes confiáveis e definir o controlo de acesso e de utilização dos dados partilhados. Para facilitar a construção de um *IDS Connector*, a IDSA apresentou uma arquitetura de referência, apresentada na Figura 5, que define um conjunto de requisitos mínimos que o conector tem de cumprir para dispor das funcionalidades básicas.

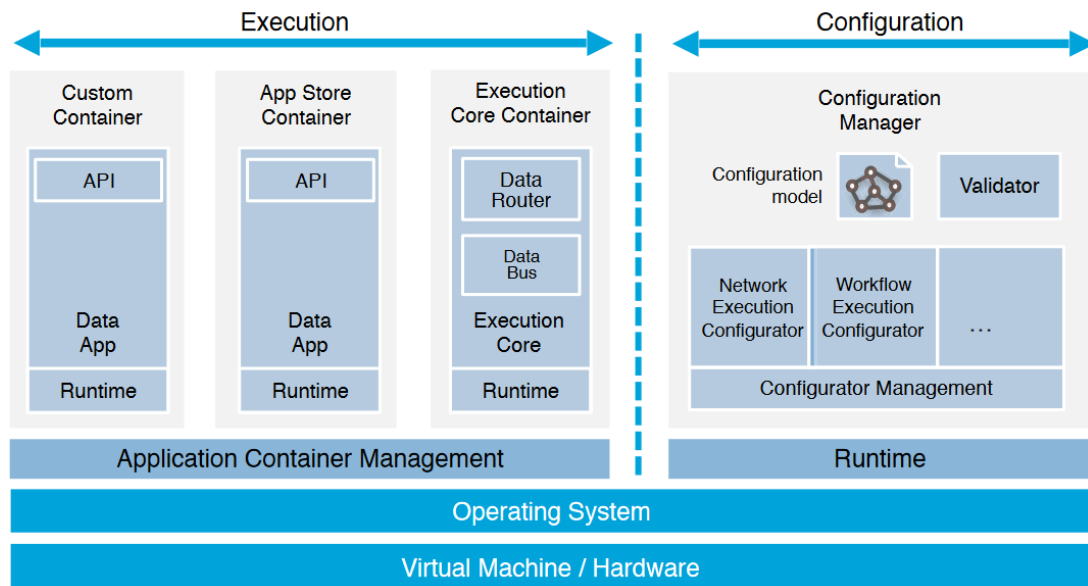


Figura 5: Arquitetura do IDS Connector [49]

Segundo a arquitetura de referência de um *IDS Connector*, o conector é formado por duas fases, a Fase de Execução e a Fase de Configuração. A Fase de Execução tem o objetivo de disponibilizar os dados, para os restantes conectores. Para tal, são definidos três tipos de *containers*, que devem estar presentes na arquitetura, o *Execution Core Container*, o *App Store Container* e o *Custom Container*. As *Data Apps* são responsáveis por processar e disponibilizar os dados, o número de *Data Apps* vai depender das necessidades da organização que está a desenvolver o conector. O *Execution Core Container* possui as componentes indispensáveis no desenvolvimento das interfaces de comunicação para as *Data Apps*. O *App Store Container* é um *container* certificado pela IDSA, e é obtido através de um dos componentes do IDS, a *App Store*. A gestão destes *containers* é feita por um *Application Container Management* [49]. Na Fase de Configuração encontram-se as configurações do conector que são especificadas através do *Configuration Model*. O *Configuration Model* descreve a configuração de um conector, é validado pelo *Validator* presente no *Configuration Manager*.

O *Usage Control* é uma extensão ao atual típico controlo de acesso que permite as empresas definirem regras para processamento dos seus dados. O IDS suporta *data-centric Usage Control* ao adicionar políticas (*IDS Policies*<sup>11</sup>) nos dados que estão a ser partilhados, de modo que os *Data Owners* consigam ter controlo total dos dados durante todo o seu percurso [58]. As políticas adicionadas aos dados são definidas pelos seus titulares através de *Contracts*, que possuem um conjunto de restrições. O *IDS Connector* é responsável por aplicar essas políticas. Anteriormente, foram apontadas as entidades conceptuais, que podemos encontrar dentro do IDS. Contudo, neste trabalho, o foco está na comunicação entre os *Data Consumers* e os *Data Providers*. O *Data Provider* tem a responsabilidade de fornecer os dados e de configurar o respetivo *IDS Connector*, de forma a disponibilizar os dados aos restantes *IDS Connectors*, presentes no IDS [49]. O papel do *Data Consumer* é, através do próprio *IDS Connector*, estabelecer uma ligação segura com o conector do *Data Provider*, de maneira a receber os dados provenientes das fontes conectadas ao *Data Provider* e autorizadas pelos seus proprietários [49]. A partilha de dados entre o *Data Provider* e o *Data Consumer* é efetuada através da interação entre os seus *IDS Connectors*. A interação entre esses conectores conta com várias tarefas que precisam de ser cumpridas, de modo a finalizar a configuração de ambos os *IDS Connectors* para dar início à partilha de dados. Todos os dados partilhados entre os *IDS Connectors* e as suas regras de utilização, devem ser representadas através de um conjunto de entidades, Figura 6, que estão presentes nos respetivos conectores.

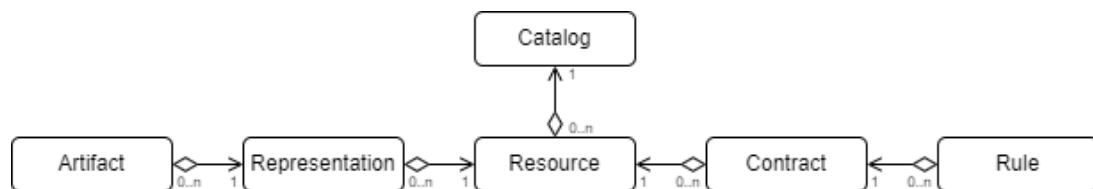


Figura 6: IDS Connector ER Model

A partir da figura apresentada é possível observar o modelo de dados do *IDS Connector*. O modelo de dados do *IDS Connector* está estruturado com base no Modelo de Informação do IDS, e é composto por diversas entidades. A entidade principal é o *Resource*, que é organizado no *Catalog*, e pode conter várias *Representations* e *Contracts*. Uma *Representation*, descreve mais detalhadamente os dados disponibilizados aos *Data Consumers*, e inclui uma lista de *Artifacts*. O *Artifact* disponibiliza um ponto de acesso direto aos dados, e apresenta as propriedades referentes a esses dados. Por fim, um *Contract* é atribuído a um *Resource* e possui um conjunto de *Rules*. Como referido anteriormente, os *Contracts* são utilizados para definir as políticas (*IDS Policies*). A comunicação entre conectores é feita recorrendo ao IDS

<sup>11</sup><https://international-data-spaces-association.github.io/DataspaceConnector/Documentation/v6/UsageControl>

*Protocol*, que conta com um conjunto de mensagens, as *IDS Messages*, que estão organizadas em várias classes e subclasses, e que podem ser agrupadas em três interações:

1. **Descrição do *Data Provider*** - A Descrição do *Data Provider* incorpora todas as mensagens usadas entre os conectores para enviar a descrição do *Data Provider* e das suas entidades, com o objetivo de comunicar ao *Data Consumer* quais os dados e as respetivas condições para iniciar a partilha;
2. **Negociação de Contratos** - A Negociação de Contratos, corresponde às mensagens utilizadas para estabelecer os acordos entre os conectores, e definir as regras de acesso e controlo dos *Resources* e dados partilhados;
3. **Partilha de Dados** - A Partilha de Dados agrupa todas as mensagens usadas na troca de dados e no envio das notificações ao *Data Consumer*, quando ocorrem atualizações nos *Resources* do *Data Provider*.

De forma a retratar esta comunicação, na Figura 7 podemos verificar o processo de configuração e disponibilização de um determinado artefacto na rede, ou seja, todas as interações de criação do recurso, contratos, entre outros, como já referido anteriormente.

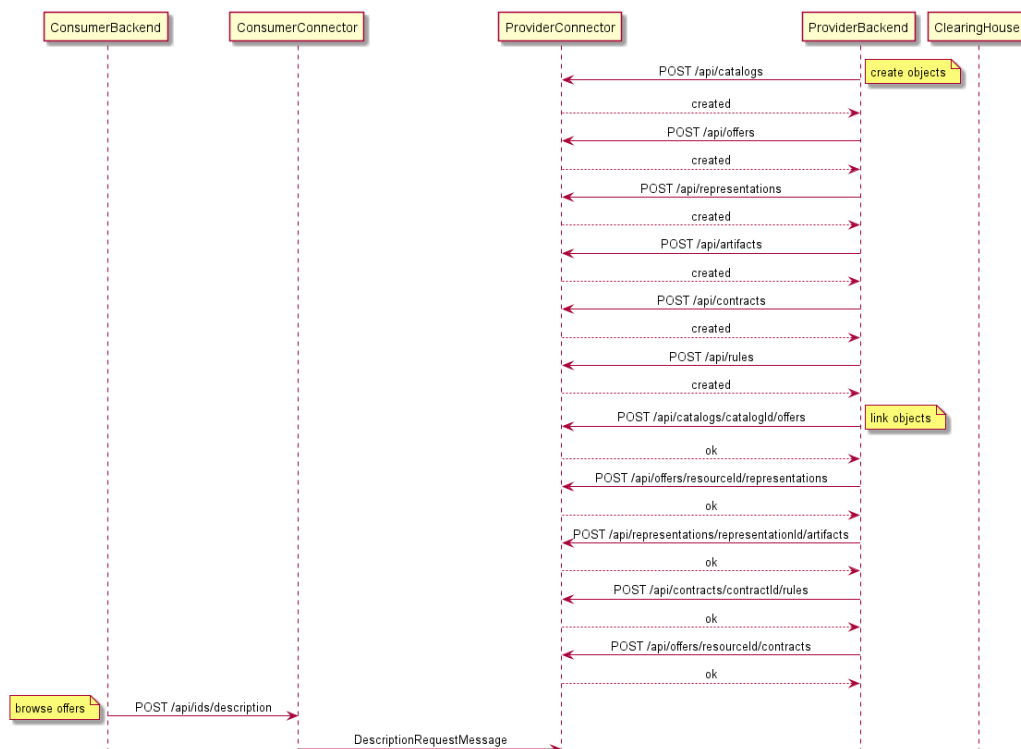


Figura 7: Diagrama de Sequência - Descrição do Data Provider [49]

Já na Figura 8 podemos verificar o processo de negociação dos contratos de um determinado artefacto do Data Provider, onde podemos verificar todas as interações e mensagens trocadas entre os conectores de forma a definirem um acordo entre ambas as partes.

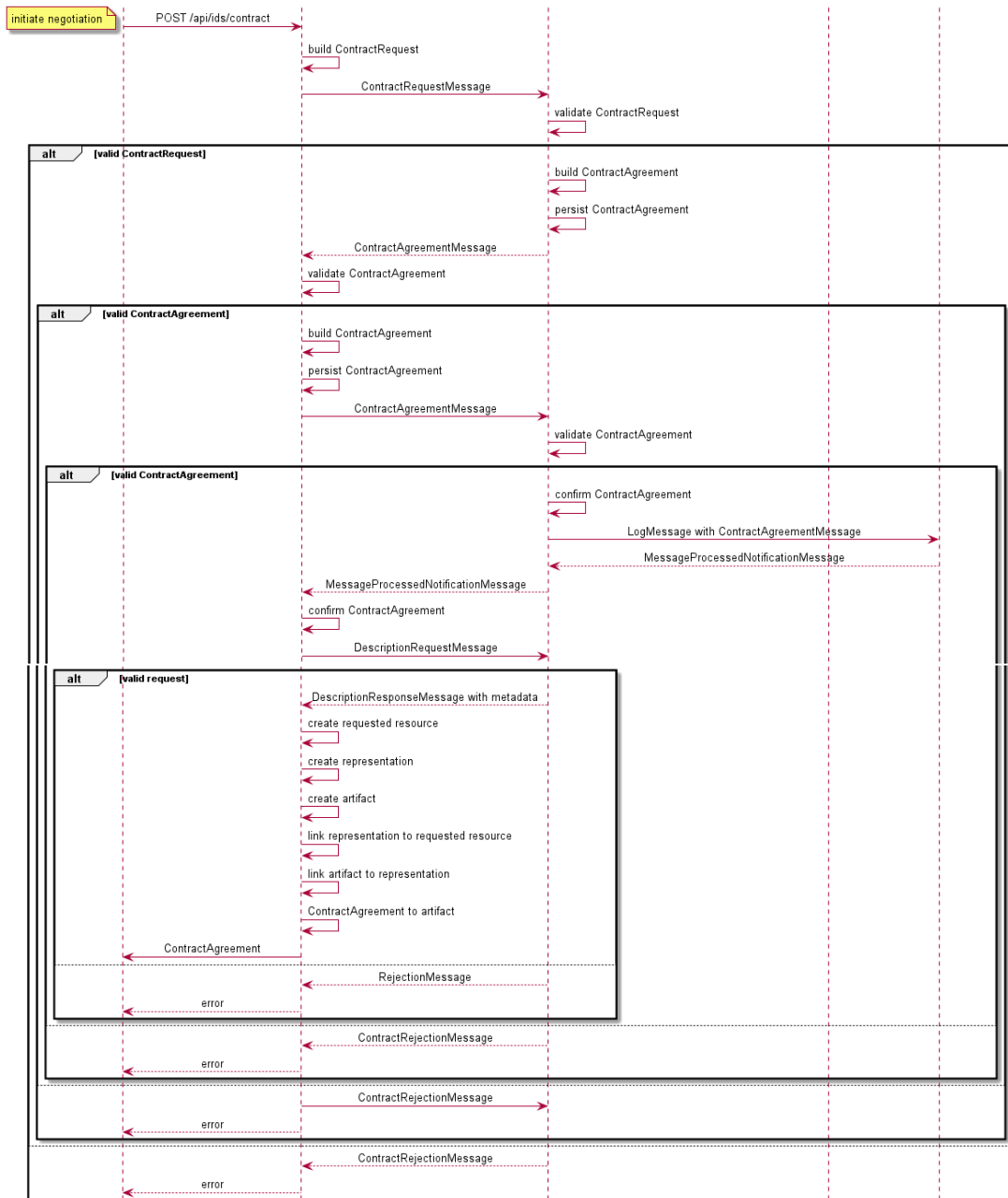


Figura 8: Diagrama de Sequência - Negociação de Contratos  
[49]

Por fim, depois de existir um acordo entre ambas as partes, o Data Consumer conseguirá acessar à informação e utiliza-la respeitando o contrato acordado. Na Figura 9 podemos observar as mensagens trocadas de forma ao Data Provider conseguir fornecer o acesso à informação que o Data Consumer poderá consultar.

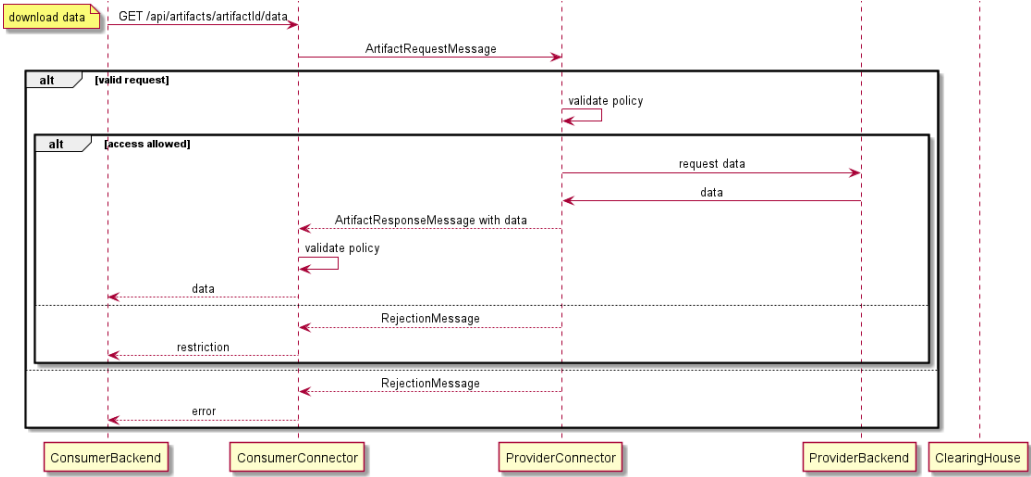


Figura 9: Diagrama de Sequência - Partilha de Dados [49]

## Capítulo 4

# Conceptualização do domínio

Para um melhor entendimento do espaço onde este trabalho se insere será realizada uma caracterização da indústria do calçado em Portugal. Para começar, será dada uma breve apresentação do seu estado atual e, posteriormente, das relações interempresariais deste setor e das suas necessidades.

### 4.1 Caracterização da indústria do calçado

Para manter a competitividade, uma empresa de calçado precisa de cumprir com as exigências da indústria e, para isso, precisa de preparar a sua cadeia de valor e de fornecimento para que se adeque e responda aos desafios do dia-a-dia de forma a adequar e cumprir com o plano de produção [59]. A indústria do calçado em Portugal é composta, predominantemente, por pequenas e médias empresas situadas no Norte de Portugal. Para além dos fabricantes de calçado, esta indústria inclui produtores de componentes e de marroquinaria muito competitivos. Esta indústria é especialmente dinâmica e o processo de inovação está constantemente presente, logo, o desafio passa por conciliar tradição e conhecimento acumulados ao longo de várias gerações com tecnologias inovadoras.

Nesta indústria, dá-se, periodicamente, a mudança de coleção, o que faz com que cada empresa, em média, tenha de gerir e produzir cerca de trezentos a quatrocentos modelos diferentes para a coleção seguinte. Por sua vez, a produção envolve quatro processos produtivos: corte, costura, montagem e acabamento. Estes processos produtivos envolvem subcontrata-

dos e fornecedores, o que requer um maior planejamento e controle de todo o processo. Cada produto é constituído em média por cerca de quinze materiais com produções internas ou externas. Por conseguinte, todos os modelos têm de ser produzidos de forma colaborativa, uma vez que a sua produção está dependente de estilistas, produtores de componentes e fornecedores de matérias-primas. Para isso, surge a necessidade de existir uma maior articulação na comunicação e relações interempresariais.

Um dos grandes problemas desta indústria, e da indústria em geral, é a falta de qualificação das pessoas, desde funcionários do chão de fábrica, passando por gestores, até aos administradores, ou seja, são pessoas que têm muito conhecimento sobre o negócio, mas em alguns casos poderá faltar visão. Visão para a inovação, já que na indústria do calçado ainda existe muita informalidade no processo e fraca inovação tecnológica [60], visto que, numa primeira instância, esta informalidade pode facilitar em termos de flexibilidade e adaptabilidade para reagir a pequenas alterações. Mas a falta de informação mais completa e de interoperabilidade entre as empresas, poderá tornar este processo ineficiente em caso de grandes perturbações que poderão afetar a cadeia de fornecimento ou valor.

De forma a enfatizar o problema aqui mencionado, é essencial representar a rede colaborativa que caracteriza este setor, conforme a Figura 10.

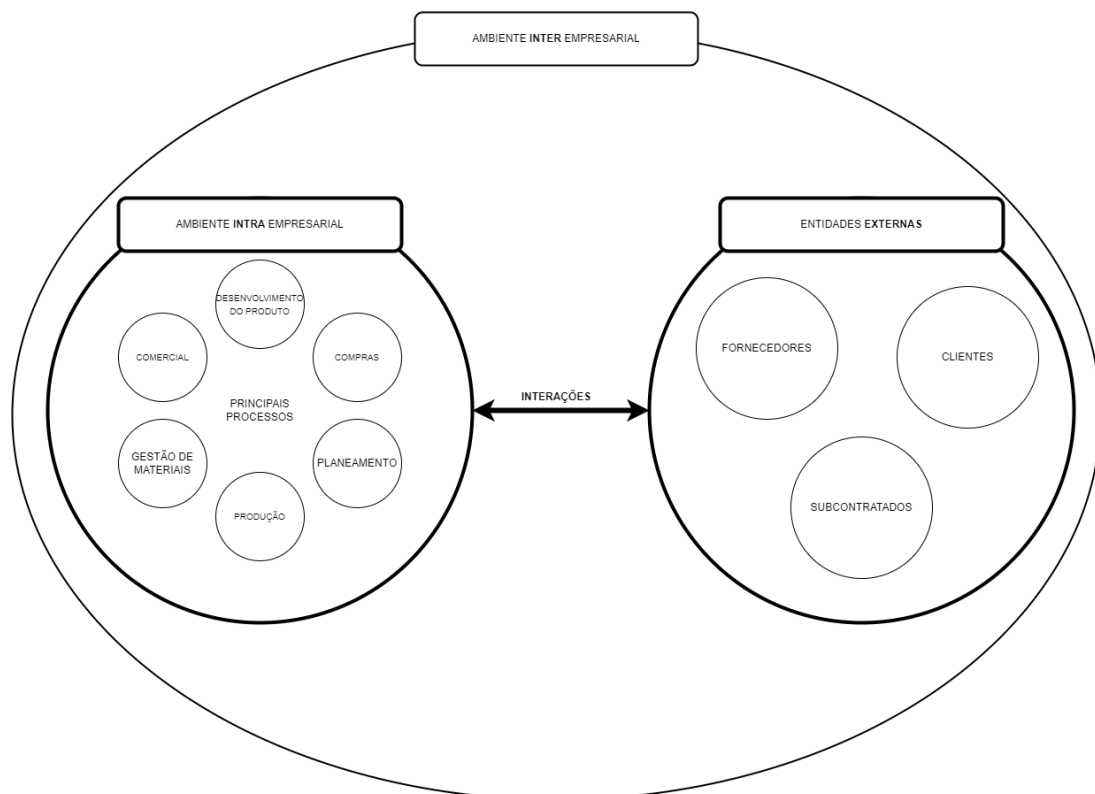


Figura 10: Rede Colaborativa

Esta rede colaborativa, representada na Figura 10, é constituída por dois conceitos muito importantes, ambiente Intraempresarial e ambiente Interempresarial. O conceito Intraempresarial representa um desafio mais vertical dentro da empresa, ou seja, mais focado nas conexões entre os vários processos existentes neste contexto industrial (Desenvolvimento do Produto, Comercial, Compras, Gestão de Materiais, Planeamento, Produção, entre outros). Já o conceito Interempresarial representa um desafio mais horizontal, em que foca, principalmente, na comunicação com o exterior, ou seja, nas ligações com entidades externas (Fornecedores, Subcontratados, Clientes, entre outros).

O domínio Intraempresarial representa as necessidades relacionadas com atividades de gestão de informação para o apoio à tomada de decisão, baseadas no conhecimento. Através de integrações verticais, é possível estabelecer conexões desde o chão de fábrica para os sistemas de gestão. No entanto, as empresas já não estão, ou pelo menos não deviam de estar, focadas apenas em si próprias e têm a necessidade de recolher informação externa necessária para o processo de tomada de decisão. Para estas situações, visto que a informação necessária à gestão se encontra para além das fronteiras das empresas e da própria cadeia de logística, é possível estabelecer estas interações através de integrações horizontais, conseguindo assim promover um ambiente de colaboração entre todos os níveis empresariais.

As relações interempresariais envolvem mais que a cadeia de fornecimento, ou seja, tem o objetivo de coordenação e alinhamento da empresa e todos os envolventes no processo produtivo (fornecedores, subcontratados) para a criação de valor. A cadeia de valor do setor do calçado é caracterizada por processos de fabrico complexos com várias operações e elevado número de materiais, lotes pequenos e heterogeneidade.

Como um produto acabado necessita de uma quantidade significativa de materiais, e como cada material poderá envolver vários fornecedores e subcontratados, provoca com que durante todo o processo produtivo exista a necessidade de um nível elevado de comunicação entre as partes de forma a proporcionar uma maior organização. Neste processo, e como os materiais variam de acordo com o produto, é necessário haver uma maior articulação na comunicação de forma a obter-se todo o tipo de informação, contribuindo para um planeamento mais eficiente da produção, garantindo que as empresas cumpram os compromissos acordados com os clientes.

Para existir esta articulação na comunicação e de forma a obter-se informação externa relacionada com a cadeia de valor, é necessário garantir o cumprimento de determinados requisitos.

## 4.2 Casos Uso para as principais interações interempresarias

A análise dos processos e operações logísticas na empresa do caso de estudo permitiu ainda identificar um conjunto de requisitos chave para a melhoria da eficiência das operações, nomeadamente, uma maior automatização dos processos, sistemas mais sofisticados de gestão e partilha de informação e uma melhor integração das tecnologias já existentes. Desta forma, espera-se alcançar níveis superiores de flexibilidade e visibilidade ao longo da cadeia de valor, assim como uma maior interação dos sistemas de gestão com os decisores.

No contexto do *cluster* do calçado, foram especificados vários casos de uso onde esta arquitetura é avaliada no âmbito de um projeto nacional português. Este projeto tem como objetivo o desenvolvimento de uma solução inteligente de planeamento capaz de apoiar os gestores na tomada de decisão com dados em tempo-real. Para isso, surge a necessidade de obter dados de todos os fornecedores e subcontratados. É nesta vertente que entra toda esta arquitetura de partilha de informação, de forma a reestruturar a forma como toda a indústria colabora para obterem soluções mais inteligentes, através de dados atualizados, conseguindo assim planear de uma forma mais otimizada. Este caso de estudo tem como envolvidos uma empresa tecnológica de desenvolvimento de sistemas de informação para o *cluster* do calçado, uma grande empresa produtora de calçado e as empresas da sua *supply chain*, desde fornecedores a subcontratados. O problema é garantir a partilha de informação na *supply chain* de forma a apoiar na tomada de decisão e no replaneamento, para evitar os incumprimentos dos prazos com os clientes.

O primeiro caso de uso, representado na Figura 11, descreve a troca de informação sobre uma ordem de compra, neste caso entre a empresa e um fornecedor armazenista. Para este caso, foi analisado o fluxo atual de funcionamento do processo e foram recolhidas as necessidades de ambas as partes envolvidas de forma a realizar uma comparação *As-Is*<sup>1</sup> e *To-Be*<sup>2</sup>. Após a análise dos fluxos de interações, identificaram-se as seguintes necessidades fundamentais:

1. a empresa precisa de saber a disponibilidade/quantidade de materiais que o fornecedor possui, onde o fornecedor atualiza essa informação e a empresa apenas a consulta.
2. o fornecedor necessita de receber a Ordem de Compra de forma a poder dar início ao processo de compra.

---

<sup>1</sup> Visão dos processos atuais da empresa, onde mostra como esta realiza as atividades neste momento.

<sup>2</sup> Visão dos processos futuros de uma empresa, onde mostra a melhor forma de realizar estes processos.

## Compras - Atualização da Informação (e.g. pele)

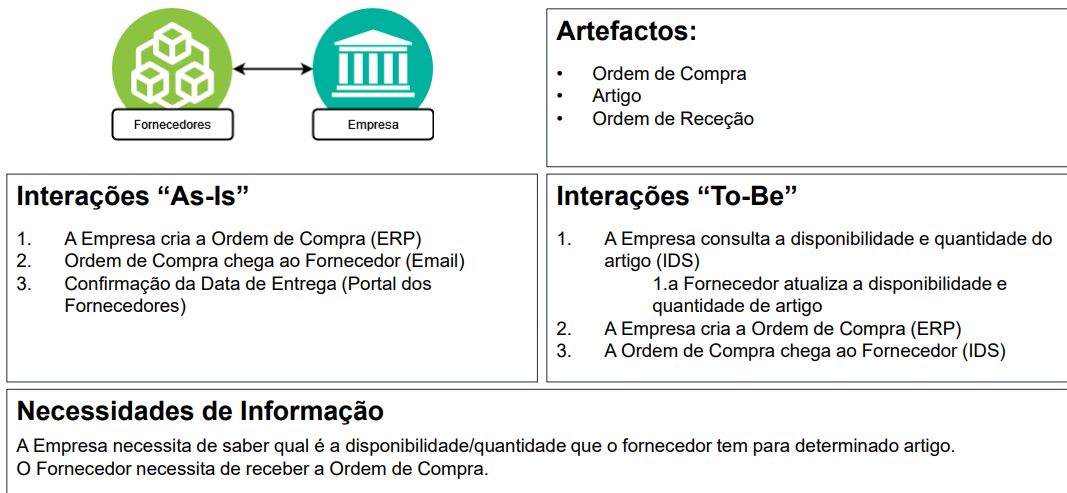


Figura 11: Use Case - Compras de Fornecedor Armazenista

O segundo caso de uso, representado na Figura 12, é muito similar ao primeiro, mas neste caso a diferença é que o fornecedor produz o material à medida que vão comprando, ou seja, normalmente, não têm materiais em stock, quando a empresa realiza uma ordem de compra, o fornecedor produz para essa ordem de compra. A única particularidade deste caso é que em vez de a empresa consultar a quantidade de stock, consulta a capacidade produtiva do fornecedor num determinado momento.

## Compras - Atualização da Informação (e.g. solas)

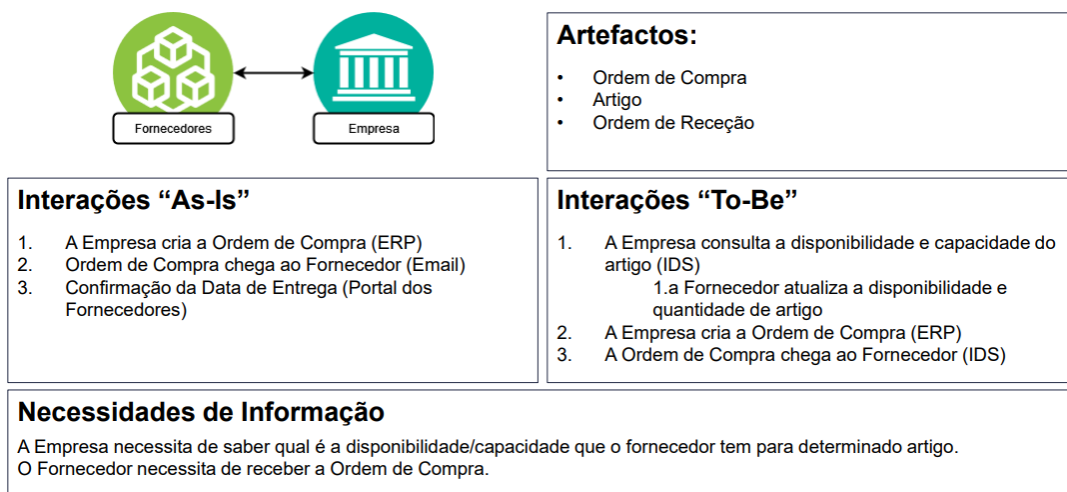


Figura 12: Use Case - Compras de Fornecedor Produtor

Já num terceiro caso de uso, representado na Figura 13, representa a partilha de informação sobre uma ordem de subcontratação. Para este caso de uso, identificaram-se as seguintes necessidades fundamentais:

1. a empresa precisa de saber a disponibilidade do subcontratado para realizar determinada ação numa determinada data, ou seja, com esta arquitetura a empresa e o subcontratado realizam um contrato de partilha da disponibilidade em que o subcontratado irá atualizando a sua disponibilidade e a empresa apenas a vai consultando.
2. a empresa necessita de saber o estado da ordem de subcontratação enquanto está em produção no subcontratado, para isso ambas as partes acordam na troca desta informação em que a empresa apenas consulta o estado daquela ordem de subcontratação no período em que esta estiver em produção.

## Subcontratos - Atualização da Informação

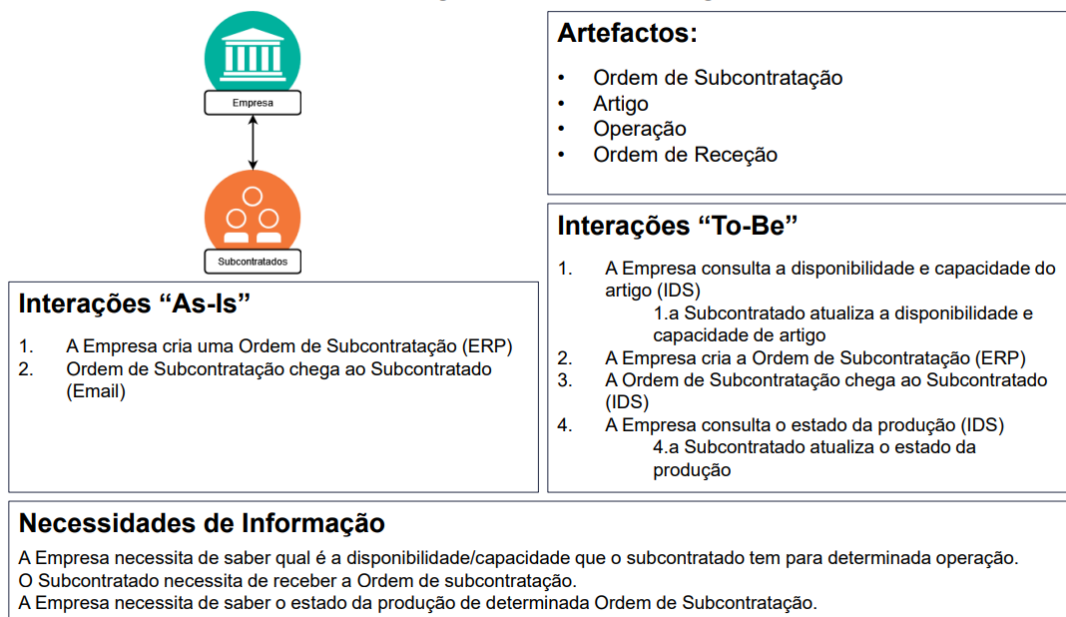


Figura 13: Use Case - Subcontratos

Com isto, foram identificadas as interações atuais, bem como os artefactos envolvidos. Os novos requisitos/necessidades foram reunidos e foram identificadas interações digitais através dos IDS. Após a caracterização do cenário do *Use Case*, foram realizados os seguintes passos: i) mapeamento dos artefactos para o conceitos IDS-RAM; ii) identificação dos componentes IDS necessários; iii) especificação da arquitetura baseada em IDS.

## Capítulo 5

# Arquitetura Conceptual da Solução

Atualmente, qualquer empresa precisa de ter uma visão geral da procura pelos seus produtos de forma a otimizar os seus processos produtivos para assegurar capacidade de respostas às exigências dos clientes. Contudo, como já foi referido, a otimização dos processos internos não é suficiente para garantir vantagem competitiva. Para responder às flutuações na procura, toda a cadeia de valor deverá atuar de forma colaborativa através de mecanismos de fluxo de informação rápidos, seguros e eficientes. Neste contexto, a atividade de partilha de informação entre empresas pode ser definida como “disponibilizar dados ou aceder a dados de outras empresas para fins comerciais” seja monetizando-os ou disponibilizando-os num *marketplace* para benefício mútuo dos participantes da rede [61]. Modelos de negócios distintos para implementar a partilha de dados B2B foram identificados:

- **Data Monetization** - abordagem que procura explorar os dados como ativos industriais de modo a obter vantagem competitiva. O resultado pode ser económico ou poderá ser ao nível de melhoria dos processos [62].
- **Data Marketplace** - intermediários confiáveis que reúnem fornecedores e utilizadores de dados de forma a trocarem dados numa plataforma online segura. Essas empresas obtêm receita com as transações de dados que ocorrem na plataforma [62].
- **Industrial Data Platforms** - abordagem colaborativa e estratégica para partilha de dados num grupo restrito de empresas. As empresas unem-se voluntariamente a ambientes fechados, seguros e exclusivos de forma a proporcionarem o desenvolvimento de novos produtos/serviços e/ou melhorar a sua eficiência interna [62].

Como mencionado acima, alcançar um modelo de negócios de alto desempenho requer projetar processos de partilha de dados B2B confiáveis e seguros. Os primeiros desafios que aparecem no processo de partilha de dados B2B são causados pela interoperabilidade e questões de padronização [61]. Qualquer ferramenta de software escolhida por uma empresa para cumprir o processo de partilha de dados precisa de oferecer a capacidade de definir direitos de propriedade e definir os termos legais em que os dados partilhados podem ser utilizados. Este fator continua a ser um dos principais requisitos de uma empresa ao escolher uma solução de partilha de dados [61]. Este requisito é garantido através de princípios de *Data Governance* adequados para as plataformas de partilha de dados B2B. Além disso, uma solução que oferece uma abordagem de partilha de dados deve ser capaz de abordar as preocupações relativas à potencial perda de competitividade empresarial ou exposição de segredos de negócio. Isso é possível desenvolvendo mecanismos para monitorizar e controlar a utilização dos dados partilhados [61].

Dois dos aspetos que mais condicionam a implementação e escalabilidade de arquiteturas de interoperabilidade são relacionados com a confiança/segurança e uniformização através de *standards* apoiados por modelos de referência. Atualmente, uma das tecnologias emergentes mais destacadas no setor de mercado de partilha de dados B2B é os IDS. Os IDS disponibilizam um modelo de arquitetura de referência IDS-RAM, de forma a responder a estes problemas. Este modelo aponta no sentido de apoiar as organizações no desenho e implementação destas arquiteturas de interoperabilidade.

De acordo com a Figura 14, é possível dividir o IDS-RAM em cinco camadas, a Camada de Negócio, a Camada Funcional, a Camada de Processo, a Camada de Informação e a Camada de Sistema. Cada camada necessita de responder a questões relacionadas com a segurança, certificação e governação.

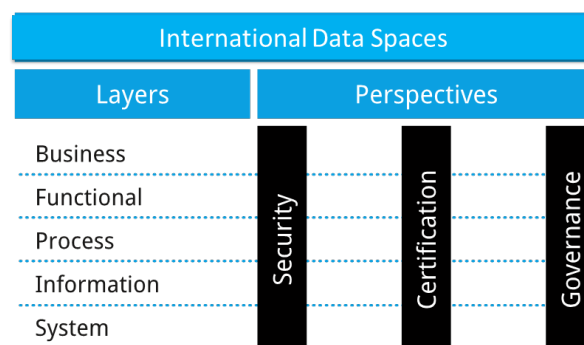


Figura 14: IDS-RAM Estrutura Geral [49]

Atualmente existem várias associações e instituições de investigação a desenvolver as suas próprias versões do IDS *Connector*, seguindo o IDS-RAM, como a Fraunhofer e a FIWARE. A Fraunhofer é uma organização privada sem fins lucrativos dedicada à investigação e ao desenvolvimento de novas tecnologias, sendo uma delas os *International Data Spaces*. A Fraunhofer é responsável pelo desenvolvimento de várias implementações de IDS *Connectors*. Um desses IDS *Connectors* é o DataSpace Connector. O DataSpace Connector consiste num projeto *open-source*, que está a ser desenvolvido por diversas organizações em conjunto, e tem como objetivo fornecer um conector simples de implementar nos sistemas existentes de qualquer empresa, de forma a facilitar a sua entrada no ecossistema IDS.

Deste modo, a FIWARE juntou-se a um projeto que tem como o objetivo o desenvolvimento de um IDS *Connector*. Este IDS *Connector* tem a particularidade de facilitar a conexão com todo o ecossistema FIWARE e ao mesmo tempo com o ecossistema IDS de forma a que a informação recolhida do chão de fábrica seja partilhada com toda a rede.

Este capítulo explora as mais valias dos IDS no contexto da comunicação B2B assentes num novo paradigma tecnológico de partilha de informação em rede. A implementação de uma arquitetura baseada em IDS permite abrir o leque de funcionalidades, nomeadamente:

- A possibilidade de uma integração mais ampla, ou seja, com as máquinas presentes no chão-de-fábrica de uma empresa, permitindo-lhes partilhar essa informação com outras empresas, recorrendo a plataformas IoT, interligando assim plataformas de integração vertical com plataformas de integração horizontal.
- Uma maior automação no fluxo de dados, isto é, permitir que exista troca de dados de forma automatizada e em tempo-real, sendo que, um dos grandes objetivos é evitar grandes alterações processuais de recolha de dados, ou seja, não ser necessário alterar os processos da empresa para existir esta partilha de informação.

Visto isto, de forma a aumentar a digitalização, a formalização e a flexibilização deste setor, foi desenhada e desenvolvida uma arquitetura de interoperabilidade entre toda a *Value Chain* através de tecnologias emergentes capazes de responder a estes problemas garantindo toda a estrutura e segurança da informação.

Desta forma, foi desenhada a arquitetura representada na Figura 15, que pretende responder ao problema referido previamente.

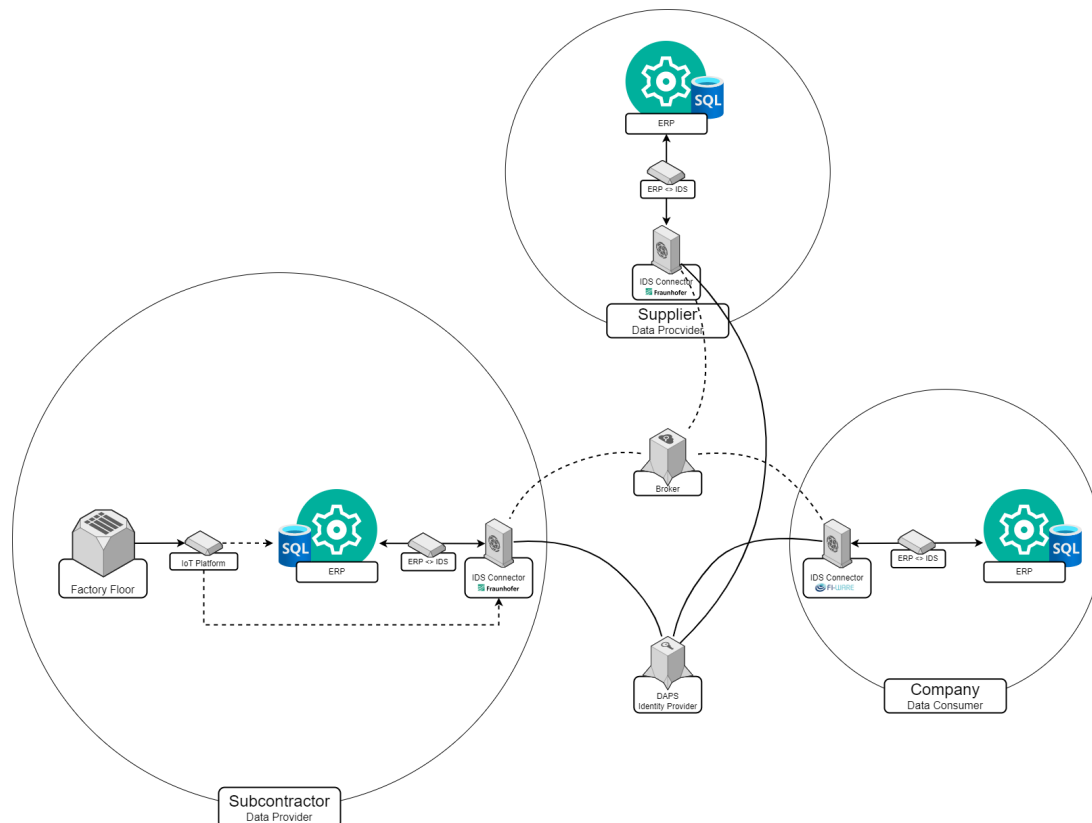


Figura 15: Arquitetura Conceptual da Solução

Esta arquitetura, baseada nos *International Data Spaces*, é capaz de garantir que informação dos Subcontratados e dos Fornecedores seja obtida, garantido sempre toda a segurança e soberania dos dados para o proprietário dos dados através de contratos estabelecidos entre as partes interessadas. Esta arquitetura permite também com que uma empresa consiga tornar disponível todo o tipo de informação e partilhá-la com os participantes deste ecossistema IDS.

Esta arquitetura é constituída por componentes IDS e componentes que garantem com que a informação chegue aos conectores de forma a poderem ser partilhados. Indo ao encontro do pressuposto no use case previamente identificado, na Figura 15 conseguimos observar componentes do ecossistema IDS como o *Broker*, o Identity Provider garante com que as operações entre os participantes dos IDS sejam seguras.

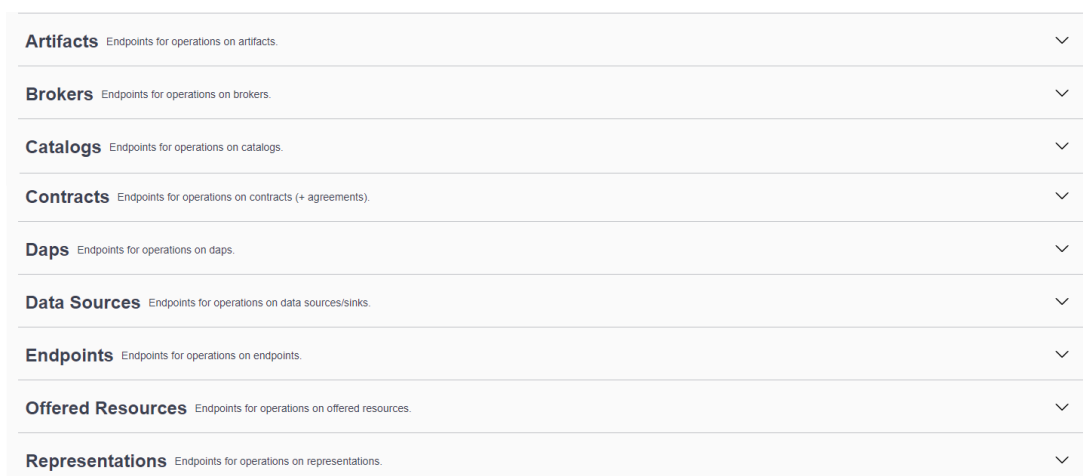
Para além disso, verifica-se também dois conectores IDS distintos. Estes dois conectores, já abordados neste trabalho, foram seleccionados derivado das necessidades recolhidas para o caso de estudo acima identificado. Como existia a possibilidade de a empresa poder partilhar informação recolhida do chão de fábrica para a rede, seja de estados de produções ou outros *datasets* que as empresas queiram utilizar para troca de informação, foi seleccionada um FIWARE-Based Connector derivado da particularidade do avanço tecnológico que a FIWARE tem em soluções IoT. Nesta arquitetura foi seleccionado também um DataSpace Connector porque é dos melhores IDS *Connectors* em termos de maturidade, e é uma solução relativamente simples de implementar para as empresas tecnológicas deste *cluster*.

Para retratar melhor a utilidade de cada um destes componentes, os pontos seguintes fornecem uma definição básica de cada componente principal representado nesta arquitetura.

### DataSpace Connector (IDS Connector)

O IDS *Connector* é o componente principal e obrigatório para um participante se juntar aos *International Data Spaces*, e é responsável pela comunicação com os outros IDS *connectors* da rede. Um dos IDS *conectores* utilizados nesta arquitetura foi o Dataspace Connector.

A Figura 16 mostra um excerto da página Swagger com a representação das funções principais deste conector, disponibilizando todos os *endpoints* para as operações do conector. Entre estes *endpoints*, estão *endpoints* para gerir os catálogos, artefactos, representações, ofertas de recursos, contratos e regras, que são a estrutura do modelo de dados do conector com base na estrutura do modelo de dados IDS *Connector* especificada na arquitetura de referência, IDS-RAM.



<b>Artifacts</b> Endpoints for operations on artifacts.	▼
<b>Brokers</b> Endpoints for operations on brokers.	▼
<b>Catalogs</b> Endpoints for operations on catalogs.	▼
<b>Contracts</b> Endpoints for operations on contracts (+ agreements).	▼
<b>Daps</b> Endpoints for operations on daps.	▼
<b>Data Sources</b> Endpoints for operations on data sources/sinks.	▼
<b>Endpoints</b> Endpoints for operations on endpoints.	▼
<b>Offered Resources</b> Endpoints for operations on offered resources.	▼
<b>Representations</b> Endpoints for operations on representations.	▼

Figura 16: DataSpace Connector Swagger

## FIWARE-Based Connector (IDS Connector)

Outro dos IDS *Connectors* utilizados nesta arquitetura foi o FIWARE TRUE Connector. Este é responsável pela comunicação com os outros IDS *Connectores* da rede.

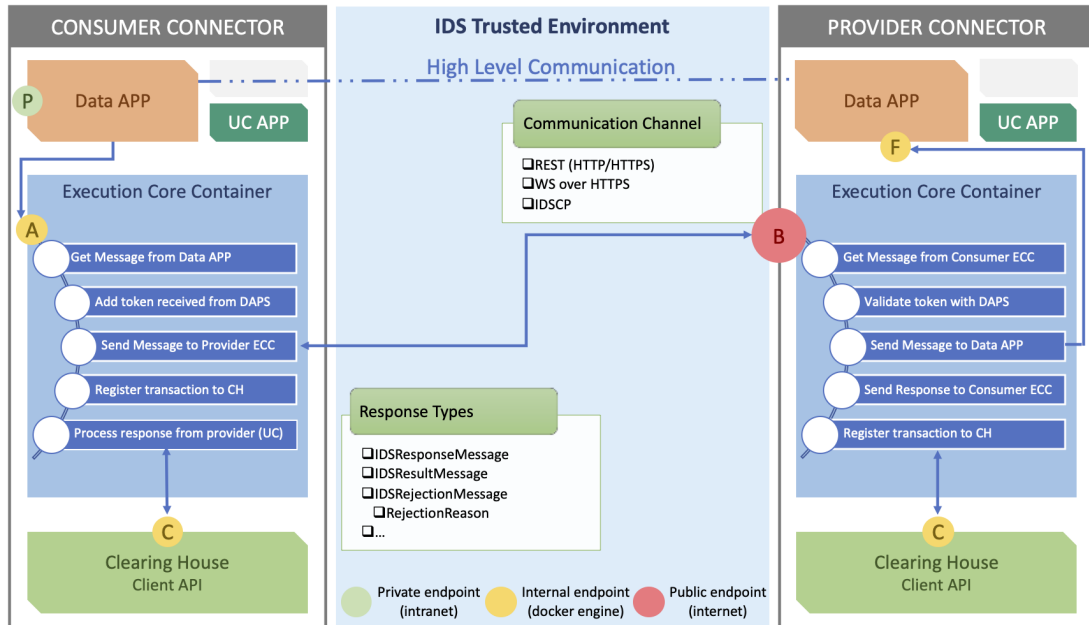


Figura 17: Arquitetura FIWARE TRUE Connector  
1

Como representado na Figura 17, este conector é constituído, principalmente, por três componentes:

- **Execution Core Container (ECC)** - Aplicação responsável pela troca de dados através do ecossistema IDS representando os dados através do Modelo de Informação IDS. Também é responsável por interagir com *Identity Providers* externos, e também é capaz de interagir com um IDS Broker para registar e consultar informações.
- **Back-End (BE) Data Application** - Aplicação para gerar e consumir dados sobre o componente ECC.
- **Usage Control (UC) Data Application** - Aplicação que aplica um controlo de utilização sobre os dados de *input* de acordo com as regras especificadas nos contratos negociados.

<sup>1</sup><https://fiware-true-connector.readthedocs.io/en/latest/>

A Figura 18 mostra a página Swagger da BE DataApp deste conector, onde estão disponíveis todos os *endpoints* de ligação e comunicação com o conector.

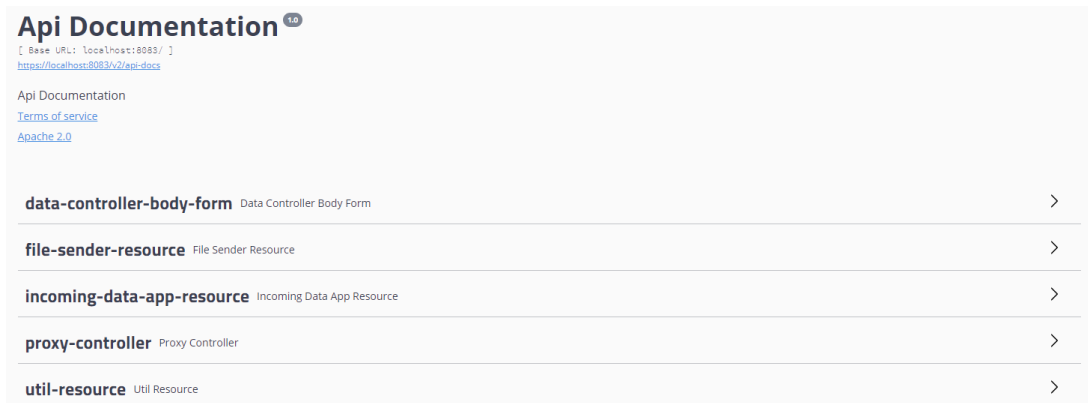


Figura 18: FIWARE TRUE Connector DataApp Swagger

Já a Figura 19 mostra a página Swagger da aplicação ECC deste conector, onde estão disponíveis todos os *endpoints* para as operações do conector.

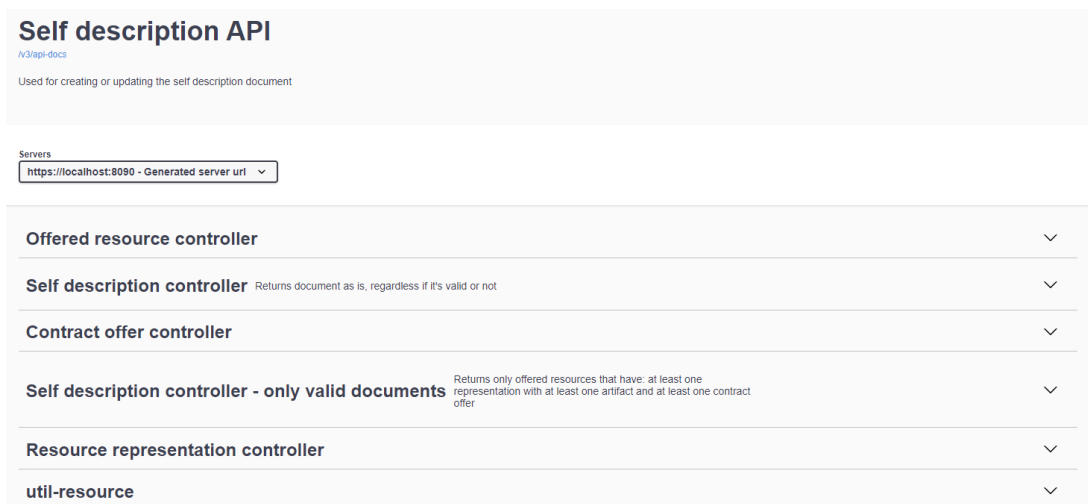


Figura 19: FIWARE TRUE Connector ECC Swagger

Os *endpoints* aqui representados, podem ser utilizados para gerir os catálogos, artefactos, representações, ofertas de recursos, contratos e regras, que são a estrutura do modelo de dados do conector com base na estrutura do modelo de dados IDS *Connector* que foi estudado e apresentado anteriormente.

## **Broker (Metadata Broker)**

O *Metadata Broker* é um intermediário que regista e gere informações sobre as fontes de dados disponíveis nos IDS, ou seja, é responsável por fornecer, ao *Data Consumer*, metadados sobre determinados *Data Providers*. A utilização de um broker, não só, reforça a ideia de *marketplace* onde os participantes podem fazer consultas em toda a rede sobre os dados que necessitam, como também, facilita no processo de partilha de informação, onde ambas as partes não necessitam de saber, previamente, os identificadores de cada um para poderem partilhar informação. O Broker ainda está a ser desenvolvido pela IDSA. A implementação possui três *containers*:

- Reverse Proxy;
- Apache Fuseki - servidor SPARQL responsável por persistir e armazenar informação;
- Broker.

## **DAPS (Identity Provider)**

O *Identity Provider* é o componente responsável por verificar a autenticidade dos participantes do ecossistema IDS e fornece todas as aspetos relacionados com a gestão de identidade. Consiste em três componentes:

- Certificate Authority (CA);
- Dynamic Attribute Provisioning Service (DAPS);
- Participant Information System (ParIS).

O ParIS ainda está em fase de desenvolvimento, por isso não foi considerado pronto para iniciar a implementação nesta arquitetura. O DAPS está a ser desenvolvido pela IDSA e possui dois submódulos, cada um desenvolvido pela Fraunhofer-AISEC. Os submódulos são o *omejdn-ui* e o *omejdn-server*. O primeiro é responsável por fornecer uma UI de interação com o DAPS. Já este último tem toda a parte *Omejdn* do DAPS, e é um servidor de autenticação OAuth 2.0/OpenID onde implementa autenticação JWT bearer, e é utilizado como DAPS nesta arquitetura.

## FIWARE Orion Context Broker (Plataforma IoT)

Orion é uma implementação C++ da ligação da API REST NGSIv2 desenvolvida como parte da plataforma FIWARE. O Orion Context Broker permite gerir todo o ciclo de vida das informações de contexto, incluindo atualizações, consultas, registos e subscrições. O Orion Context Broker, proporciona a criação de elementos de contexto e maneiras de geri-los através de atualizações e consultas. Além disso, é possível subscrever informações de contexto para que, quando ocorrer alguma condição (por exemplo, os elementos de contexto foram alterados), de forma a ser notificado.

Visto isto, a arquitetura fornece a possibilidade dos Subcontratados e Fornecedores definirem contratos de utilização sobre informação que pretendem disponibilizar, e a empresa que precisa de aceder a esta informação (desde informação de disponibilidades de artigos, de estados de produções, entre outros) consegue aceder ao contrato associado a esta informação e através de um acordo entre ambas as partes consegue aceder a esta informação durante a duração do contrato. De realçar que a presente arquitetura procura garantir:

- A comunicação baseada no IDS-RAM, selecionando e implementando dois IDS *Connectores* diferentes;
- Assegurar a interoperabilidade entre os conectores IDS e os sistemas internos das empresas;
- Usar protocolos e paradigmas de comunicação que permitam a troca de dados desde o chão de fábrica;



## Capítulo 6

# Caso de Estudo - Implementação

Nos processos de transformação digital associados às redes colaborativas um dos principais desafios consiste na partilha de informação em rede, de forma segura e automatizada. A quarta revolução industrial, e as tecnologias que lhe estão associadas, veio permitir esta integração de forma mais eficiente, flexível e transparente ao longo de toda a rede colaborativa.

Neste contexto, torna-se necessário repensar os processos atuais no sentido da sua adaptação para uma nova realidade de recolha e partilha de dados em tempo real, que permita a monitorização e (re)planeamento das operações em tempo-real. Alguns dos aspetos fundamentais consistem na integração e interoperabilidade dos vários sistemas de informação, na uniformização de processos e nas arquiteturas de suporte à partilha de informação. Estes aspetos são especialmente críticos no *cluster* do calçado onde as operações na rede colaborativa são ainda bastante informais e pouco integradas.

Para isto é pretendido explorar as mais valias dos IDS no contexto da partilha de informação interempresarial através de *Marketplaces*, assentes num novo paradigma tecnológico de partilha de informação e governação em rede. O desenvolvimento de *Marketplaces* baseados em IDS oferece a possibilidade de uma integração mais ampla, ou seja, com os dispositivos/máquinas presentes no chão-de-fabrica de uma empresa, permitindo-lhes enviar informação recolhida pelos ativos físicos diretamente para a rede, recorrendo a plataformas IoT.

## 6.1 Descrição do Problema

O CNI40Foot consiste num projeto nacional em que o seu principal objetivo é o desenvolvimento de uma solução inteligente de planeamento capaz de apoiar os gestores na tomada de decisão com dados em tempo-real. Para isso, surge a necessidade de obter dados de todos os fornecedores e subcontratados utilizando fluxos B2B.

O projeto CNI40Foot conta com a participação do INESC TEC<sup>1</sup> em parceria com *software houses* e empresas relacionadas ao setor industrial do calçado. Este projeto tem quatro grandes objetivos [63], representados na Figura 20:

1. **Sistema de Geração Automática de Informação Técnica do Produto e Inventário** que tem como principal objetivo a automatização da recolha e geração de informação técnica de produtos e de materiais. Esta informação será obtida através da implementação de tecnologias como dispositivos *SMART* instalados em gáspeas ou formas, e armazéns tendo como referência o paradigma da i4.0. Este processo avançado de recolha permitirá a disponibilização da informação a toda a empresa e ao planeamento da rede colaborativa. A inovação do sistema a ser desenvolvido centra-se na criação de algoritmos avançados de ML para geração automática de informação técnica do produto e inventário de materiais com base na recolha de informação i4.0, preparando assim a indústria do calçado para as necessidades específicas da indústria da Moda com produtos de elevado valor acrescentado.
2. **Sistema de Avaliação de Fornecedores e Subcontratados** que tem como principal função, a análise e classificação automática dos fornecedores e subcontratado através do tratamento da informação referente à ação do fornecedor, análise e avaliação do fornecedor face ao cumprimento dos compromissos formais e sua importância na rede colaborativa, indexação do fornecedor com base na sua avaliação e criticidade na rede colaborativa, disponibilização e suporte na decisão de escolha de fornecedor no planeamento. A transformação da informação será conduzida através de algoritmos em *machine learning* desenhados de acordo com as práticas do setor e da empresa. A disponibilização será potenciada através da interoperabilidade com sistemas de planeamento, que receberão em tempo-real, a atualização das relações entre empresas.

---

<sup>1</sup><https://www.inesctec.pt/pt>

3. **Sistema Dinâmico de Planeamento da Rede Colaborativa** que tem como objetivo o desenvolvimento de algoritmos de planeamento considerando informação em tempo real i4.0 do avanço de produção em toda a extensão da rede e informação automática do produto para redução do risco. Será criada uma estrutura que agregue informação pertinente recolhida por sistemas de suporte à organização (existentes e futuros), novos modelos de informação que vão agilizar e flexibilizar o planeamento, e disponibilizar os modelos de informação para os sistemas da organização. Esta informação, que atualmente está dispersa por vários sistemas de informação, será fundamental para o suporte e interação ao planeamento da rede colaborativa de acordo com o planeamento da empresa. Obter os dados sobre os ativos industriais do chão de fábrica das empresas do setor industrial do calçado, de forma a utilizar essa informação para otimizar os processos das empresas, como também para utilizar essa informação como um ativo da empresa e poder ser partilhado numa rede de empresas do setor. No âmbito deste objetivo os dados de produção do subcontratado poderiam ser partilhados com a empresa de forma a conseguir realizar uma análise de produção de toda a cadeia de valor.
4. **Sistema de Acompanhamento e Alerta para o Planeamento** que tem como objetivo criar um sistema de apoio às atividades diárias do departamento de planeamento através de um assistente de alertas. Este sistema permitirá ao planeador organizar, acompanhar e ser reativo na articulação da rede colaborativa reduzindo o risco na execução do planeamento através do aumento da interação com cada interveniente da rede colaborativa nos momentos identificados de elevado risco à saúde da rede. A inovação consiste na criação de um sistema semi-automatizado e dinâmico que interage com o planeador criando canais que atualizam a informação e dão alertas sobre eventos críticos.

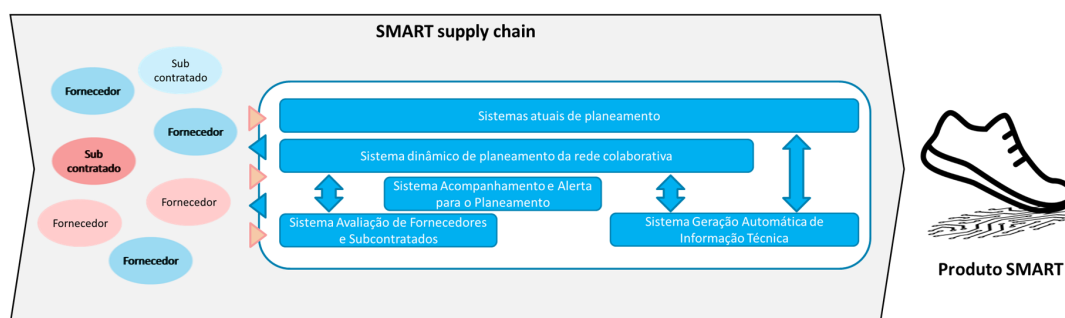


Figura 20: Objetivos Projeto CNI40Foot  
[63]

O caso de uso utilizado para a validação do cenário proposto enquadra-se em todos os objetivos, visto que os dados são o combustível de qualquer sistema inteligente, mas é mais focado no terceiro objetivo do projeto CNI40Foot.

## 6.2 Arquitetura da Solução

Tirando partido da revisão da literatura e da experiência adquirida durante o desenvolvimento ao longo do projeto, juntamente com a realização de vários protótipos de teste, foi possível desenhar a solução, apresentada na figura seguinte, e desenvolver os seus componentes de modo a cumprir com as exigências impostas pelo terceiro objetivo do projeto CNI40Foot.

Como este caso de estudo foca, não só, na comunicação entre empresas, como também, na comunicação desde o chão de fábrica até ao ecossistema IDS, e posteriormente para outras empresas, existe a necessidade de obter esta comunicação através da integração de vários sistemas diferentes. Com base nestes pressupostos, verifica-se o caso de estudo como adequado para experimentar a arquitetura desenhada e representada na Figura 21.

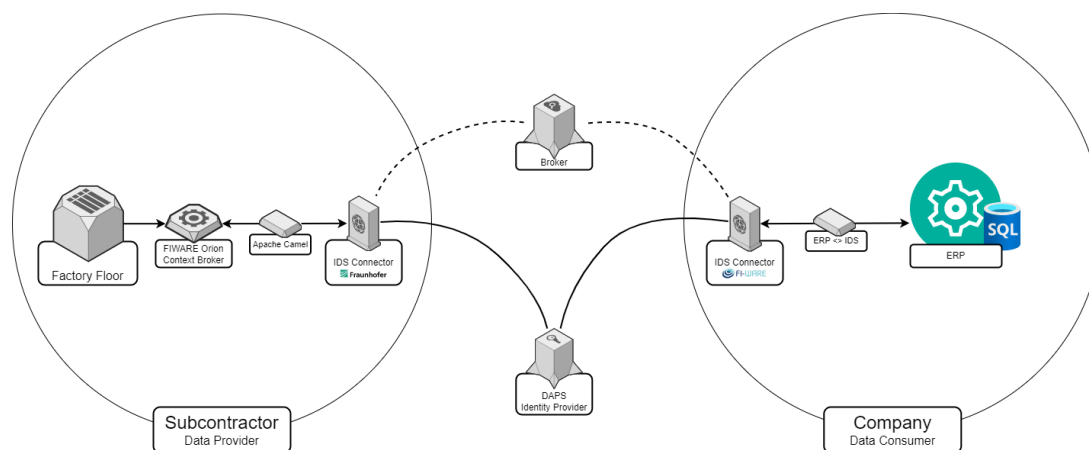


Figura 21: Arquitetura da Solução

O Apache Camel surge no contexto desta arquitetura derivado de algumas dificuldades encontradas ao longo do projeto. Um dos principais obstáculos deste projeto é relacionado com o FIWARE TRUE Connector, em que este ainda se encontra em desenvolvimento. A comunidade que está a desenvolver o FIWARE TRUE Connector ainda está a desenvolver a *data app* que será capaz de comunicar diretamente com o FIWARE Orion Context Broker. Neste repositório de desenvolvimento, até à data, existem apenas uns *commits* iniciais há cerca de 8 meses, e desde então que não existem mais novidades do repositório. O desenvolvimento desta *data app*, no âmbito deste projeto, não era algo viável. Desenvolver esta *data app* implicaria um processo muito complexo, não só, de desenvolvimento, como também, burocrático, e demoraria um período muito incerto para este âmbito. As *Data Apps* funcionam, exatamente, como os *IDS Connectors* em termos de desenvolvimento destes componentes, onde é necessário passarem por um processo de certificação pela entidade IDSA para poderem

ser utilizados num ecossistema IDS. Desta forma, como não é permitido alterar a integridade dos IDS *Connectores* e das *Data Apps*, obriga ao desenvolvimento de componentes “*Plug and Play*”, ou seja, componentes que podem ser integradas facilmente com o conector, de forma a adicionar novas funcionalidades ao mesmo.

O Apache Camel surge nesta arquitetura como uma forma standard de interligar diferentes aplicações. Ao incorporar o Apache Camel com o conector IDS, é possível integrar o conector com as diferentes aplicações empresariais e os vários protocolos de comunicação existentes nas empresas. A possibilidade da interligação entre os conectores IDS e um serviço baseado em Apache Camel, aumenta a compatibilidade e interoperabilidade de soluções baseadas em IDS, sem abdicarmos dos princípios de desenvolvimento baseado em normas e standards existentes. O Apache Camel, através de uma Domain Specific Language (DSL), nomeadamente a Apache Camel DSL, permite de uma forma mais ágil a definição de regras e rotas de integração. Além disso, o Apache Camel consegue operar com vários protocolos de comunicação e estruturas de dados, acessíveis através da utilização de *URIs*. Podemos definir o serviço baseado em Camel, como uma componente “*Plug and Play*”, que comunica com o conector IDS e com as restantes aplicações, neste caso, com o FIWARE Orion Context Broker, através de um conjunto de rotas definidas no Apache Camel.

Para uma melhor compreensão sobre as interações entre os IDS *Connectors* e de toda a arquitetura, considera-se o seguinte cenário: O Subcontratado disponibiliza informação sobre o estado de determinada operação de uma ordem de subcontratação, de forma a empresa conseguir aceder a essa informação. O Apache Camel Service atua como um mediador no sentido de garantir que a informação segue para o IDS *Connector* no formato adequado e em conformidade com os pressupostos do IDS-RAM. O seguinte diagrama de sequência representado na Figura 22, demonstra um conjunto de interações entre os componentes das arquitetura.

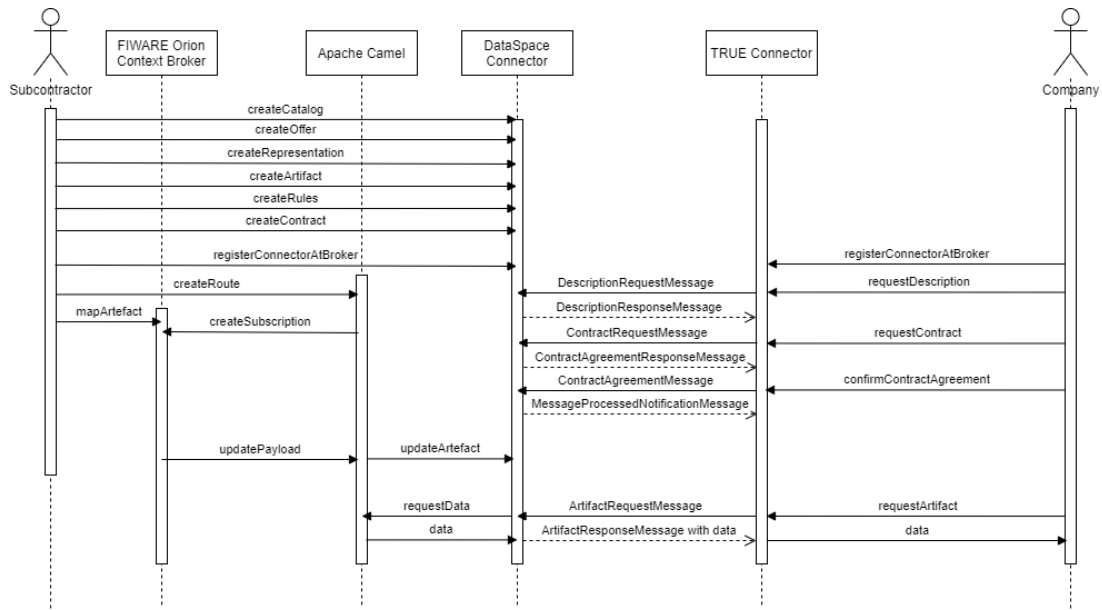


Figura 22: Diagrama de Sequência da Arquitetura

Para que a partilha de informação aconteça entre os participantes de um ecossistema IDS, é necessário, numa fase inicial, preparar os conectores de forma a que se verifique um conjunto de pré-condições em todos os participantes. Estas condições precisam de ser cumpridas para os participantes conseguirem interagir com a rede e conseguirem realizar interações com os vários componentes.

No *Provider*, o subcontratado, precisa de criar pelo menos um Catálogo, Recursos, Representações e Artefactos no seu conector (DataSpace Connector), para que o conector da empresa (TRUE Connector) consiga descobrir e aceder aos dados. Além disso, o subcontratado precisa de criar um conjunto de Regras associadas ao Contrato. Após criar o Contrato para um determinado Artefacto, o subcontratado deverá mapear o artefacto interno com o artefacto no conector, para que, através de uma rota definida no Apache Camel que receberá informação se determinado artefacto for atualizado, a informação se mantenha sempre atualizada para a rede.

No *Consumer*, a empresa necessita de realizar um conjunto de pedidos na REST API do seu conector (TRUE Connector), que executam as três interações, nomeadamente:

1. **Descrição do Data Provider** - Mensagem IDS para enviar a descrição do *Data Provider* e das suas entidades, com o objetivo de dar a conhecer ao *Data Consumer*, quais os dados e as respetivas condições para iniciar a partilha;

2. **Negociação de Contratos** - Mensagens IDS utilizadas para estabelecer os acordos entre os conectores, de acordo com os contratos estabelecidos para os recursos;

3. **Partilha de Dados** - Mensagens IDS usadas na troca de dados;

Essas três interações, são utilizadas para iniciar a partilha de dados entre os dois conectores. Depois de concluídos esses pedidos, tanto é possível, a empresa consultar a informação dependendo do tipo e duração do contrato, como o subcontratado atualizar essa informação à medida que os processos vão sendo executados.

No decorrer do estudo dos IDS, foram criados vários protótipos, não só para compreender o modelo IDS, como também para avaliar o funcionamento e comportamento dos conectores. Para além disso, este protótipo deverá ter em consideração as necessidades/requisitos discutidas anteriormente neste documento. A solução aqui apresentada foca apenas no protótipo final e não na evolução do desenvolvimento do mesmo até esta versão final.



## Capítulo 7

# Conclusões e Trabalho Futuro

No âmbito deste projeto foi realizada uma investigação do estado da arte atual sobre ferramentas potenciadoras de uma maior integração da informação e partilha de conhecimento ao longo da *Supply Chain*, concretamente de tecnologias capazes de garantir a interoperabilidade dos vários sistemas de informação, garantindo todos os requisitos inicialmente recolhidos.

Ainda, depois de recolhida toda a informação necessária, foi desenhada uma arquitetura IIoT para a recolha de informação da *Supply Chain* que garante a interoperabilidade de todos os sistemas existentes, como também a capacidade de partilha de informação formalizada com todos os intervenientes da *Supply Chain*.

### 7.1 Reflexão Crítica

O resultado deste projeto pretende, assim, estabelecer a base necessária ao desenvolvimento e implementação de uma arquitetura IIoT utilizando soluções inovadoras da I4.0 de forma a tornar este setor mais flexível e eficiente.

Este projeto contribui com um caso de estudo no âmbito da partilha de informação em redes colaborativas do setor industrial, bem como, explora a exequibilidade dos IDS no contexto do *cluster* do calçado, caracterizado por um tecido empresarial de micro e pequenas empresas com relações comerciais altamente informais.

Este projeto contribui ainda para uma demonstração de como a adoção de processos digitais contribui para suportar uma gestão baseada em dados para otimização do planeamento produtivo das indústrias.

Neste sentido, a exploração de tecnologias emergentes como *International Data Spaces* e outras integradas com as tecnologias da indústria I4.0 e sistemas de informação existentes, torna-se essencial para modernizar o sector, aumentar a visibilidade das operações ao longo da rede colaborativa e, conseqüentemente, a eficiência.

No caso concreto dos *International Data Spaces*, estes permitem às empresas a troca de dados entre si sem terem de abdicar dos direitos sobre os seus dados. Esta tecnologia é representativa do estado da arte de um conjunto de soluções que associadas a outras tecnologias como o RFID, para a recolha de dados em tempo-real do chão de fábrica, e aos sistemas de informação existentes permite o desenvolvimento de uma arquitetura IIoT capaz de responder às necessidades do sector no contexto da partilha de informação interempresarial.

Como é uma tecnologia emergente ainda em desenvolvimento, ainda existem vários componentes em que o seu estado de maturidade ainda não está no ponto ideal para serem adotados. Apesar de existir a possibilidade de completar alguma desta falta de maturidade através da implementação de outras tecnologias, como no caso deste trabalho, onde para completar uma lacuna num dos componentes, foi utilizado uma tecnologia como o Apache Camel. No entanto, podemos concluir que é uma tecnologia bastante promissora que já responde muito bem a problemas de troca de dados uniformizada e segura entre empresas, e que, com o decorrer do tempo, ficará cada vez mais completa

## **7.2 Trabalho Futuro**

Nos próximos passos, será pretendido explorar implementações práticas com estas tecnologias, de forma a aprofundar estes conceitos. Para um bom processo evolutivo desta investigação, serão criados protótipos que serão avaliados no contexto do projeto nacional português no domínio da indústria 4.0 para o setor do calçado. Esta arquitetura IIoT de partilha de informação será explorada neste setor, de forma a reestruturar os relacionamentos de toda esta indústria para obter soluções mais inteligentes, através de dados atualizados, conseguindo assim planejar de uma forma mais otimizada e mais à medida de cada empresa.

A implementação desta arquitetura, contudo, implicará redesenhar os atuais processos e, em particular, as formas de interação entre os diversos atores da rede colaborativa do calçado. Esta reengenharia de processos irá passar fundamentalmente por identificar e compreender claramente que dados devem ser partilhados, as principais fontes de informação no *cluster* e o nível de integração requerido para potenciar a transparência e agilidade nos processos. Os atuais sistemas de informação da indústria (nomeadamente os ERP's) serão uma das fontes de informação mais relevantes neste processo, assim como os dados recolhidos do chão de fábrica e gerados nos atuais processos de troca de informação entre empresas.

# Bibliografia

- [1] A. Rojko, "Industry 4.0 Concept: Background and Overview," *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, vol. 11, p. 77, July 2017.
- [2] A. Rojko, "Industry 4.0 concept: Background and overview.," *International journal of interactive mobile technologies*, vol. 11, no. 5, 2017.
- [3] M. M. Pereira, "Vertical and horizontal integration in the media sector and EU competition law " The ICT and Media Sectors within the EU Policy Framework ",," *Access*, p. 12, 2003.
- [4] J. Nagy, J. Oláh, E. Erdei, D. Máté, and J. Popp, "The Role and Impact of Industry 4.0 and the Internet of Things on the Business Strategy of the Value Chain—The Case of Hungary," *Sustainability*, vol. 10, p. 3491, Sept. 2018.
- [5] S. Aguiar, R. Pinto, J. Reis, and G. Goncalves, "On the Development of a Cyber-Physical Industrial Marketplace," p. 13, 2018.
- [6] N. Gessa, "An ontology-based approach to define and manage b2b interoperability," 2007.
- [7] D. Chen, G. Doumeingts, and F. Vernadat, "Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future," *Computers in industry*, vol. 59, no. 7, pp. 647–659, 2008.
- [8] F. Gniza and F. Strecker, "Interoperability network-the internet of actors," in *Workshops and Work-InProgress Contributions at S-BPM ONE 2019*, p. 15, 2019.
- [9] E. Commission and D.-G. for Informatics, *New European interoperability framework : promoting seamless services and data flows for European public administrations*. Publications Office, 2017.
- [10] N. Ivezic, E. Jelusic, M. Jankovic, B. Kulvatunyou, D. Kehagias, and Z. Marjanovic, "Advancing data exchange standards for interoperable enterprise networks," *Proceedings http://ceur-ws. org ISSN*, vol. 1613, p. 0073, 2022.

- [11] A. Wasala, J. Buckley, R. Schäler, and C. Exton, “An empirical framework for evaluating interoperability of data exchange standards based on their actual usage: A case study on xliif,” *Computer Standards & Interfaces*, vol. 42, pp. 157–170, 2015.
- [12] D. Tchoffa, N. Figay, P. Ghodous, H. Panetto, and A. El Mhamedi, “Alignment of the product lifecycle management federated interoperability framework with internet of things and virtual manufacturing,” *Computers in Industry*, vol. 130, p. 103466, 2021.
- [13] H. Oh, N. Ivezic, S. T. Nieman, *et al.*, “Standards-based semantic integration of manufacturing information: Past, present, and future,” *Journal of manufacturing systems*, vol. 52, pp. 184–197, 2019.
- [14] D. R. Firdausy, P. D. A. Silva, M. van Sinderen, and M. E. Iacob, “Towards a reference enterprise architecture to enforce digital sovereignty in international data spaces,” in *IEEE 24th Conference on Business Informatics (CBI), Amsterdam, The Netherlands, 2022*.
- [15] B. Otto, “Interview with reinhold achatz on “data sovereignty and data ecosystems”,” *Business & Information Systems Engineering*, vol. 61, no. 5, pp. 635–636, 2019.
- [16] A. Braud, G. Fromentoux, B. Radier, and O. Le Grand, “The road to european digital sovereignty with gaia-x and idsa,” *IEEE Network*, vol. 35, no. 2, pp. 4–5, 2021.
- [17] P. P. Tallon, R. V. Ramirez, and J. E. Short, “The information artifact in it governance: Toward a theory of information governance,” *Journal of Management Information Systems*, vol. 30, no. 3, pp. 141–178, 2013.
- [18] V. Khatri and C. V. Brown, “Designing data governance,” *Communications of the ACM*, vol. 53, no. 1, pp. 148–152, 2010.
- [19] L. K. Cheong and V. Chang, “The need for data governance: a case study,” *ACIS 2007 proceedings*, p. 100, 2007.
- [20] K. Weber, B. Otto, and H. Österle, “One size does not fit all—a contingency approach to data governance,” *Journal of Data and Information Quality (JDIQ)*, vol. 1, no. 1, pp. 1–27, 2009.
- [21] J. Haggmann, “Information governance—beyond the buzz,” *Records Management Journal*, 2013.
- [22] B. Otto and K. Weber, “Data governance,” in *Daten-und Informationsqualität*, pp. 277–295, Springer, 2011.

- [23] I. Alhassan, D. Sammon, and M. Daly, "Data governance activities: A comparison between scientific and practice-oriented literature," *Journal of Enterprise Information Management*, 2018.
- [24] B. Otto, "Quality and value of the data resource in large enterprises," *Information Systems Management*, vol. 32, no. 3, pp. 234–251, 2015.
- [25] R. Abraham, J. Schneider, and J. Vom Brocke, "Data governance: A conceptual framework, structured review, and research agenda," *International Journal of Information Management*, vol. 49, pp. 424–438, 2019.
- [26] B. Otto, "On the evolution of data governance in firms: The case of johnson & johnson consumer products north america," in *Handbook of data quality*, pp. 93–118, Springer, 2013.
- [27] F. Haneem, N. Kama, N. Taskin, D. Pauleen, and N. A. A. Bakar, "Determinants of master data management adoption by local government organizations: An empirical study," *International Journal of Information Management*, vol. 45, pp. 25–43, 2019.
- [28] J. Bruhn, "Identifying useful approaches to the governance of indigenous data," *The International Indigenous Policy Journal*, vol. 5, no. 2, pp. 1–32, 2014.
- [29] Z. Panian, "Some practical experiences in data governance," *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 62, no. 1, pp. 939–946, 2010.
- [30] J. S. Winter and E. Davidson, "Governance of artificial intelligence and personal health information," *Digital policy, regulation and governance*, 2019.
- [31] B. L. Cohn, "Data governance: A quality imperative in the era of big data, open data and beyond," *ISJLP*, vol. 10, p. 811, 2014.
- [32] M. R. Rasouli, J. J. Trienekens, R. J. Kusters, and P. W. Grefen, "Information governance requirements in dynamic business networking," *Industrial Management & Data Systems*, 2016.
- [33] F. Schomm, F. Stahl, and G. Vossen, "Marketplaces for data: an initial survey," *ACM SIGMOD Record*, vol. 42, no. 1, pp. 15–26, 2013.
- [34] S. Aguiar, R. Pinto, J. Reis, and G. M. Gonçalves, "On the development of a cyber-physical industrial marketplace," p. 13, 2018.

- [35] B. J. Corbitt, T. Thanasankit, and H. Yi, "Trust and e-commerce: a study of consumer perceptions," *Electronic commerce research and applications*, vol. 2, no. 3, pp. 203–215, 2003.
- [36] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of things (iot): A vision, architectural elements, and future directions," *Future generation computer systems*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, 2013.
- [37] K. Mišura and M. Žagar, "Data marketplace for internet of things," in *2016 International Conference on Smart Systems and Technologies (SST)*, pp. 255–260, IEEE, 2016.
- [38] F. Ramparany, F. G. Marquez, J. Soriano, and T. Elsaleh, "Handling smart environment devices, data and services at the semantic level with the fi-ware core platform," in *2014 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, pp. 14–20, IEEE, 2014.
- [39] N. Laskowski, "Data lake governance: A big data do or die," URL: <http://searchcio.techtarget.com/feature/Data-lake-governance-A-big-data-do-or-die>, 2016.
- [40] N. Miloslavskaya and A. Tolstoy, "Big data, fast data and data lake concepts," *Procedia Computer Science*, vol. 88, pp. 300–305, 2016.
- [41] B. Stein and A. Morrison, "The enterprise data lake: Better integration and deeper analytics," *PwC Technology Forecast: Rethinking integration*, vol. 1, no. 1-9, p. 18, 2014.
- [42] F. Nargesian, E. Zhu, R. J. Miller, K. Q. Pu, and P. C. Arocena, "Data lake management: challenges and opportunities," *Proceedings of the VLDB Endowment*, vol. 12, no. 12, pp. 1986–1989, 2019.
- [43] M. M. Alvord, F. Lu, B. Du, and C.-A. Chen, "Big data fabric architecture: How big data and data management frameworks converge to bring a new generation of competitive advantage for enterprises,"
- [44] I. A. Machado, C. Costa, and M. Y. Santos, "Data mesh: concepts and principles of a paradigm shift in data architectures," *Procedia Computer Science*, vol. 196, pp. 263–271, 2022.
- [45] K. Vestues, G. K. Hanssen, M. Mikalsen, T. A. Buan, and K. Conboy, "Agile data management in nav: A case study," *arXiv preprint arXiv:2204.09979*, 2022.
- [46] I. Karamitsos, M. Papadaki, and N. B. A. Barghuthi, "Design of the Blockchain Smart Contract: A Use Case for Real Estate," *Journal of Information Security*, vol. 09, p. 177, June 2018. Number: 03 Publisher: Scientific Research Publishing.

- [47] J. Liu and Z. Liu, "A Survey on Security Verification of Blockchain Smart Contracts," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 77894–77904, 2019. Conference Name: IEEE Access.
- [48] V. Araujo, K. Mitra, S. Saguna, and C. Åhlund, "Performance evaluation of FIWARE: A cloud-based IoT platform for smart cities," *Journal of Parallel and Distributed Computing*, vol. 132, May 2019.
- [49] Otto, B, Steinbuß, S, Teuscher, A, and Lohmann, S, "IDS Reference Architecture Model 3.0," *International Data Spaces Association*, 2019.
- [50] S. Fiorentino and S. Bartolucci, "New Governance Perspectives on the Sharing Economy. A Blockchain Application for the 'Smart' Management of Co-Working Spaces With a Return for Local Authorities.," *SSRN Electronic Journal*, 2019.
- [51] J. Conde, A. Munoz-Arcentales, A. Alonso, S. Lopez-Pernas, and J. Salvachua, "Modeling digital twin data and architecture: A building guide with fiware as enabling technology," *IEEE Internet Computing*, 2021.
- [52] P. Fernández, J. M. Santana, S. Ortega, A. Trujillo, J. P. Suárez, C. Domínguez, J. Santana, and A. Sánchez, "Smartport: A platform for sensor data monitoring in a seaport based on fiware," *Sensors*, vol. 16, no. 3, p. 417, 2016.
- [53] M. A. Rodriguez, L. Cuenca, and A. Ortiz, "Fiware open source standard platform in smart farming-a review," in *Working Conference on Virtual Enterprises*, pp. 581–589, Springer, 2018.
- [54] A. Braud, G. Fromentoux, B. Radier, and O. Le Grand, "The Road to European Digital Sovereignty with Gaia-X and IDSA," *IEEE Network*, vol. 35, pp. 4–5, Mar. 2021. Conference Name: IEEE Network.
- [55] H. Banaee, E. Schaffernicht, and A. Loutfi, "Data-driven Conceptual Spaces: Creating Semantic Representations For Linguistic Descriptions Of Numerical Data," *Journal of Artificial Intelligence Research*, vol. 63, pp. 691–742, Nov. 2018.
- [56] S. Bader, J. Pullmann, C. Mader, S. Tramp, C. Quix, A. W. Müller, H. Akyürek, M. Böckmann, B. T. Imbusch, J. Lipp, S. Geisler, and C. Lange, "The International Data Spaces Information Model – An Ontology for Sovereign Exchange of Digital Content," pp. 176–192, 2020.

- [57] M. Klötgen, F. Lauf, S. Stäubert, S. Meister, and D. Ammon, “A trusted data sharing environment based on fair principles and distributed process execution.,” in *HEALTHINF*, pp. 583–589, 2022.
- [58] A. Eitel, C. Jung, R. Brandstädter, A. Hosseinzadeh, S. Bader, C. Kühnle, P. Birnstill, G. Brost, Gall, F. Bruckner, N. Weißenberg, and B. Korth, “Usage Control in the International Data Spaces,” tech. rep., Zenodo, Mar. 2021. Version Number: 3.0.
- [59] A. Brandão, “A indústria do calçado em Portugal: Evolução e determinantes da competitividade,” p. 62, 2019.
- [60] S. P. C. Ribeiro, *Redes Colaborativas e Plataformas de Apoio ao B2B e E-Commerce no Setor do Calçado: O Caso da Região de Felgueiras*. PhD thesis, Instituto Politecnico do Porto (Portugal), 2018.
- [61] C.-G. Calancea, “A review on business-to-business data sharing technical solutions,” *International Journal On Optimization and Applications*, p. 33, 2022.
- [62] European Commission. Directorate General for Communications Networks, Content and Technology. and everis Benelux., *Study on data sharing between companies in Europe: final report*. LU: Publications Office, 2018.
- [63] A. C. Alves and R. Rebelo, “Cni4.0-foot - gestão de operações na indústria do calçado no paradigma i4.0,” tech. rep., INESC TEC, 2022.

# Apêndice A

## Guia de Configurações

Este guia de configurações, contém uma descrição passo-a-passo das configurações necessárias para transportar a informação do FIWARE Orion Context Broker e depois dar início à troca de informação entre o DataSpaceConnector e o FIWARE TRUE Connector, presentes na arquitetura da solução apresentada neste trabalho.

### A.1 Pré-Requisitos

Antes de dar início a qualquer configuração, é necessário verificar se os seguintes pré-requisitos estão presentes no sistema.

1. Docker Desktop (<https://www.docker.com/products/docker-desktop>);
2. Postman (<https://www.postman.com/>);

**Nota:** Para iniciar os containers e criar os respetivos volumes e necessário fazer docker compose do ficheiro docker-compose.yml.

## A.2 Configuração FIWARE Orion Context Broker

Utilizando a coleção do Postman, apenas é necessário executar os pedidos seguindo a ordem dos pedidos na pasta "Orion", de forma a criar uma entidade no FIWARE Orion Context Broker.

Numa fase inicial é criada uma entidade FIWARE Orion Context Broker que, posteriormente, será configurada no IDS Connector de forma a ser partilhada para a rede.

Numa fase posterior, mesmo depois de a informação já estar disponível na rede, poderá ser atualizada, onde a informação no conector estará também sempre atualizada.

## A.3 Configuração DataSpace Connector - Provider

Credenciais:

- **Username:** admin
- **Password:** password

Utilizando a coleção do postman, apenas é necessário executar os pedidos seguindo a ordem dos pedidos na pasta "DataSpaceConnector-PreConfiguration", de forma a realizar a configuração inicial de criação de resources e contratos, para depois ser possível partilhar a informação. Ou seja, é necessário seguir determinados passos, de criação das entidades referidas anteriormente no documento, de forma a tornar esta informação disponível para a rede. Estes passos são os seguintes:

- Criar um Catalogo;
- Criar uma Oferta;
- Criar um Resource;
- Criar Regras;
- Criar um Contrato;
- Criar uma Representação;

- Criar o Artefacto;
- Registrar o Conector no Broker.

Ao longo destes passos é necessário interligar estas entidades, ou seja, ir associando as entidades. Por exemplo, associar a oferta ao catalogo, associar regras ao contrato, associar o contrato á oferta, entre outros.

## A.4 Configuração TRUE Connector - Consumer

Credenciais:

- **Username:** admin
- **Password:** password

Utilizando a coleção do postman, seguindo a ordem dos pedidos na pasta "TRUE-Connector-Consumer" e as indicações apresentadas de seguida, é possível replicar o comportamento esperado.

### 1. Descrição do Data Provider

Numa fase inicial, é necessário perguntar ao conector do parceiro, basicamente, que informação é que ele tem disponível. Este pedido retorna a descrição do conector do Data Provider.

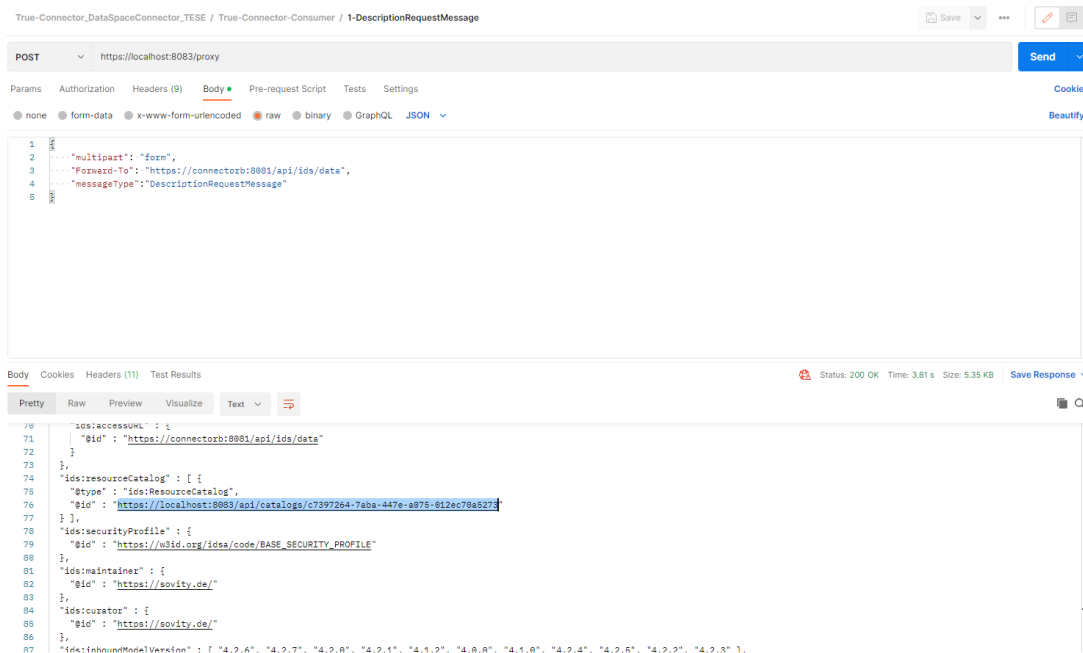


Figura 23: Descrição do Data Provider

## 2. Descrição do Data Provider pelo Catalogo

Na resposta do pedido anterior será devolvido o(s) catalogo(s) que o conector do parceiro tem disponível. E se na resposta do pedido anterior procurarmos por "ResourceCatalog", e copiarmos o URI para o body deste novo pedido como "requestElement". Conseguimos pedir a descrição do conector mas agora em concreto daquele catalogo, onde terá as ofertas com os artefactos. Ou seja, agora vamos perguntar ao conector do parceiro que ofertas é que ele tem naquele catalogo em específico.

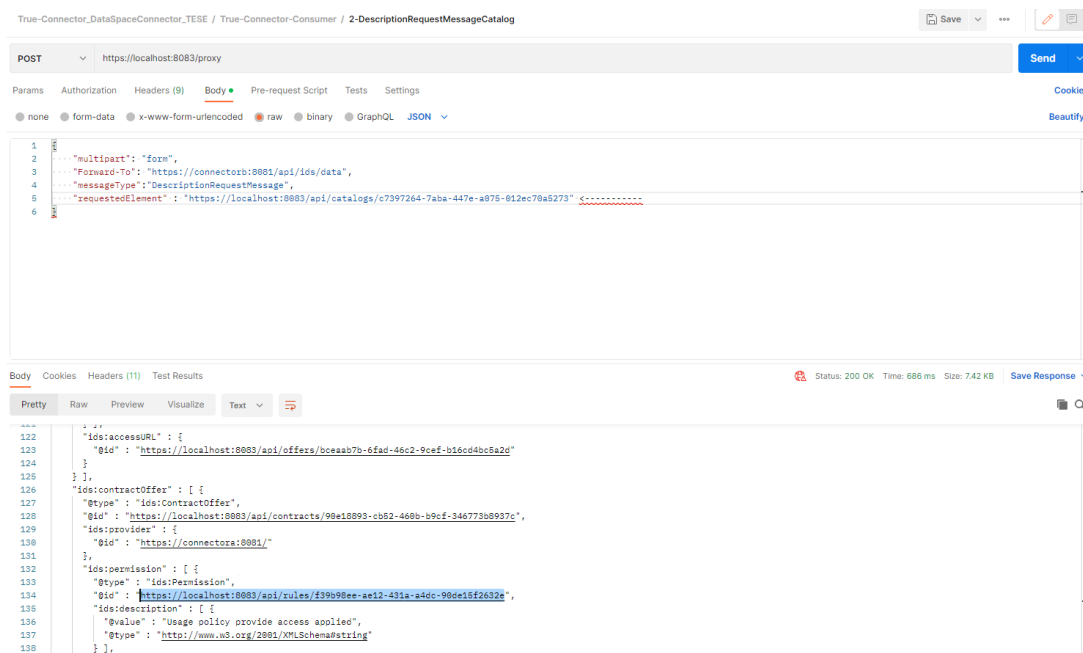


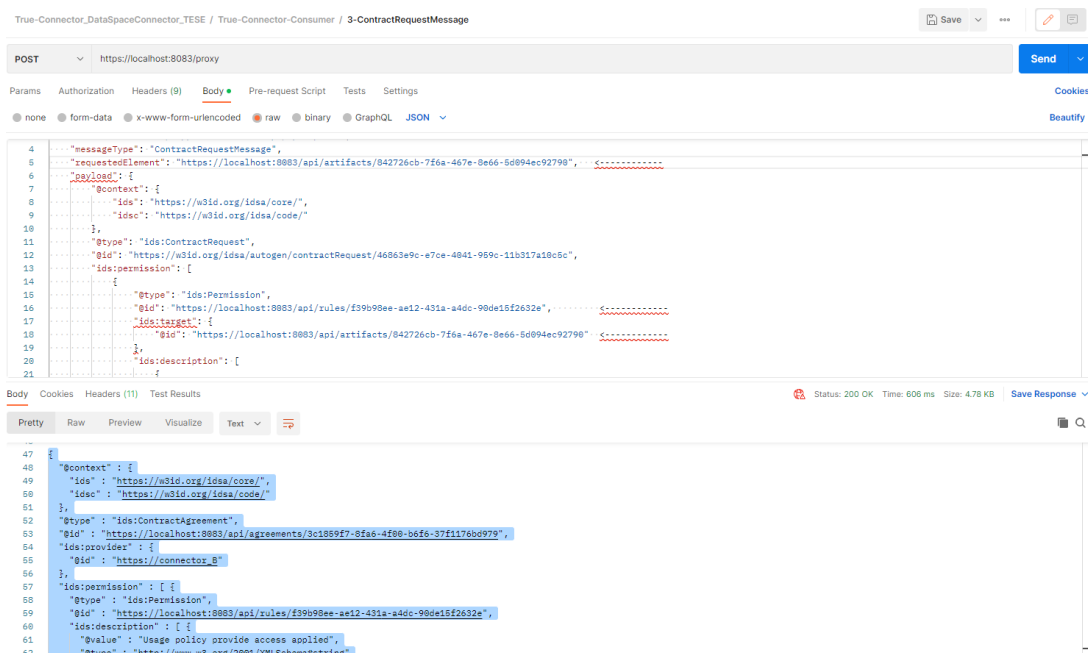
Figura 24: Descrição do Data Provider pelo Catalogo

### 3. Negociação de Contrato - Pedido

Na resposta do pedido anterior será devolvido meta-informação sobre as ofertas que o conector tem disponível com os seus artefactos. Se nesta resposta encontrarmos o URI do artefacto e o URI das regras associadas ao artefacto, conseguimos utilizar neste pedido de forma a negociar um contrato entre ambas as partes. Nesta fase, depois de termos encontrado, no catálogo do parceiro, a informação que precisávamos, vamos perguntar qual é o contrato associado a essa informação. Para isso é necessário alterar o body do pedido para os novos valores da resposta anterior:

- "requestedElement- "https://localhost:8083/api/artifacts/6faa6902-3da8-4020-b274-4e81d393abe7"
- "ids:Permission- "@id": "https://localhost:8083/api/rules/363271e4-bf5f-4640-a020-683e529623c3"
- "ids:target- "@id": "https://localhost:8083/api/artifacts/6faa6902-3da8-4020-b274-4e81d393abe7"

Este pedido retorna o contrato associado à informação pretendida.



The screenshot shows a REST client interface with a POST request to `https://localhost:8083/proxy`. The request body is a JSON object with the following structure:

```
{
  "messageType": "ContractRequestMessage",
  "requestedElement": "https://localhost:8083/api/artifacts/842726cb-7f6a-467e-8e66-5d894ec92799",
  "@context": {
    "ids": "https://w3id.org/idsa/core/",
    "idsa": "https://w3id.org/idsa/code/"
  },
  "@type": "ids:ContractRequest",
  "@id": "https://w3id.org/idsa/autogen/contractRequest/46863e9c-e70e-4841-999c-11b317a19c5c",
  "ids:permission": [
    {
      "@type": "ids:Permission",
      "@id": "https://localhost:8083/api/rules/f39b98ee-ae12-431a-a4dc-98de15f2632e",
      "ids:target": {
        "@id": "https://localhost:8083/api/artifacts/842726cb-7f6a-467e-8e66-5d894ec92799"
      },
      "ids:description": [
      ]
    }
  ]
}
```

The response body is a JSON object with the following structure:

```
{
  "@context": {
    "ids": "https://w3id.org/idsa/core/",
    "idsa": "https://w3id.org/idsa/code/"
  },
  "@type": "ids:ContractAgreement",
  "@id": "https://localhost:8083/api/agreements/3c1889f7-8fae-4f88-b6f6-37f1176bd979",
  "ids:provider": {
    "@id": "https://connector_B"
  },
  "ids:permission": [
    {
      "@type": "ids:Permission",
      "@id": "https://localhost:8083/api/rules/f39b98ee-ae12-431a-a4dc-98de15f2632e",
      "ids:description": [
        {
          "@value": "Usage policy provide access applied",
          "@type": "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
        }
      ]
    }
  ]
}
```

Figura 25: Negociação de Contrato - Pedido

#### 4. Negociação de Contrato - Acordo

Através do pedido realizado anteriormente, o Consumer consegue agora ver o contrato. Se concordarem com este contrato é necessário criar um acordo entre ambas as partes. De forma a estabelecer este acordo, é necessário enviar o contrato retornado no último pedido, e enviá-lo no body no campo "payload" deste novo pedido. É necessário também alterar o campo "requestedArtifact" para o URI do artefacto recolhido anteriormente.

The screenshot displays a REST client interface for a POST request to `https://localhost:8083/proxy`. The request body is a JSON object with the following structure:

```
1 {
2   "multipart": "form",
3   "formdata-to": "https://connectorb:8081/api/ids/data",
4   "messageType": "ContractAgreementMessage",
5   "requestedArtifact": "https://localhost:8083/api/artifacts/842726cb-7f6a-467e-8e66-5d894ec92790",
6   "payload": {
7     "@context": {
8       "ids": "https://w3id.org/idsa/core/",
9       "idsa": "https://w3id.org/idsa/code/"
10    },
11    "@type": "ids:ContractAgreement",
12    "@id": "https://localhost:8083/api/agreements/3c1859f7-8fa6-4f08-b6f6-37f1176bd979",
13    "ids:provider": {
14      "@id": "https://connector_b"
15    },
16    "ids:permission": [ {
17      "@type": "ids:Permission",
18      "@id": "https://localhost:8083/api/rules/E9b98ee-ae12-431a-a4dc-986e152632e",
19      "ids:description": [ {
20        "@value": "Usage policy provide access applied",
21        "@type": "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
22      } ],
23      "ids:target": [
24        { "@id": "https://localhost:8083/api/artifacts/842726cb-7f6a-467e-8e66-5d894ec92790"
25      } ],
26      "ids:title": [ ]
27    }
28  ]
29 }
```

The response status is 200 OK, with a time of 3.37 s and a size of 3.39 KB. The response body is a plain text message:

```
42 Content-Disposition: form-data; name="payload"
43 Content-Type: text/plain; charset=UTF-8
44 Content-Transfer-Encoding: 8bit
45 Content-Length: 36
46
47 Received contract agreement message
48 --_Mc32Hsp4EL6Z1w1IzeM03fJ-nt38y29gR8ov0et--
49
```

Figura 26: Negociação de Contrato - Acordo

