

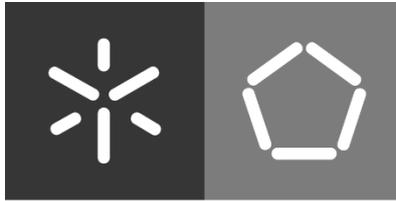


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana João Sousa Santos

**Arquitetura De Uma Plataforma
Informática De Suporte Aos
Processos Da Cadeia De
Fornecimento:**

Caso De Demonstração PRODUTECH4S&C



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Ana João Sousa Santos

**Arquitetura De Uma Plataforma
Informática Para Suporte Aos
Processos Da Cadeia De Fornecimento:
Caso de Demonstração PRODUTECH4S&C**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão de
Sistemas de Informação

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor Ricardo J. Machado

Professora Doutora Ana Lima

Despacho RT - 31 /2019 - Anexo 3

Declaração a incluir na Tese de Doutoramento (ou equivalente) ou no trabalho de Mestrado

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



**Atribuição
CC BY**

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Despacho RT - 31 /2019 - Anexo 4

Declaração a incluir na Tese de Doutoramento (ou equivalente) ou no trabalho de Mestrado

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Agradecimentos

Em primeiro lugar tenho de agradecer ao meu orientador e coorientadora, prof Ricardo Machado e prof Ana Lima respetivamente, que me acompanharam ao longo de todo o processo e sempre se mostraram disponíveis para ajudar. Agradeço a oportunidade de explorar novas áreas de conhecimento (como a recolha de requisitos e arquitetura de *software*) e de me permitirem participar em vários projetos de inovação facultando-me desta forma a possibilidade de desenvolver a dissertação em âmbito empresarial.

Um agradecimento especial meus colegas do CCG (Centro de Computação Gráfica), com destaque ao Dr. Carlos Salgado que esteve comigo desde o início, sempre me ajudou e guiou (especialmente quando me senti mais perdida ao começar os projetos). E um “obrigada” muito grande ao Rui Ribeiro que, com paciência, respondeu a todas as minhas dúvidas sendo o primeiro a ler este documento (bem como as versões que o precederam). Sempre me ajudou sem hesitar e por todo o tempo e esforço dispensado só tenho de agradecer.

Partindo agora para agradecimentos mais pessoais, quero destacar os meus avós que são os fãs nº1 em tudo o que faço. À minha mãe que tem uma paciência de santa para ouvir todos os meus devaneios, e ao meu pai que sempre me incentiva a dar o melhor de mim. À minha adorada irmã que é a pessoa mais importante para mim neste mundo e que me percebe como ninguém.

Agora devo mencionar a minha outra família, que se foi formando ao longo dos anos em que estive na universidade. Os meus amigos que me proporcionaram noites para nunca esquecer e outras que preferia não lembrar, que me aturaram no meu melhor e no meu pior (normalmente perto da data limite de entregas de projetos); que entravam pelo quarto dentro a cantar a meio da noite, que me cozinhavam o jantar (o que é difícil quando só se tem um micro-ondas e fervedor), que falavam comigo pela noite dentro, que tentavam desencaminhar-me, que cuidavam de mim quando doente, que alinhavam em todas as minhas ideias (mesmo que às vezes talvez fosse melhor não o fazerem). Foram tantos os momentos marcantes passados juntos... Só quero que saibam que vocês realmente tornaram estes os melhores anos da minha vida e continuam a fazê-lo agora.

Obrigada! Obrigada! Obrigada a todos!... É com o coração cheio que termino esta etapa da minha vida e sigo confiante para a próxima.

Sumário

A Indústria 4.0 veio revolucionar o modo como a indústria opera, introduzindo inovações tecnológicas, como *Internet of Things* (IoT) ou *Cyber Physical Systems* (CPS), que surgiram com a evolução da informática ao longo dos anos. Esta inovação levou a uma mudança de paradigma e introduziu os desafios da digitalização dos processos industriais, bem como nos processos a montante e a jusante da cadeia de valor, acrescentando um grande fluxo de informação disponível a toda a cadeia, e portanto, necessidades de comunicação intra e inter-organizações.

A digitalização dos processos industriais, nomeadamente, na cadeia de fornecimento pode envolver a necessidade de ligação de diferentes empresas entre todas as partes envolvidas do processo, quer sejam elas internas ou externas à organização.

Ao longo do tempo, o desenvolvimento de aplicações informáticas de suporte aos processos industriais evoluiu independentemente sem comunicação com outras aplicações informáticas, e sem requisitos para a ligação com empresas externas, o que resultou num conjunto heterogéneo de ambientes. Esta evolução "individualista" dificulta a comunicação (interoperabilidade entre aplicações informáticas) entre diferentes entidades, pelo que é necessário definir um conjunto de definições e protocolo (sintaxe e semântica) que permita a comunicação entre as aplicações, para poder existir uma eficiente troca de informações.

Assim, surge este projeto de dissertação que procura conceber uma arquitetura para uma plataforma informática de suporte aos processos da cadeia de fornecimento, tendo por base modelos de referência existentes na literatura, como o SCOR, que se encontra alinhada para responder às necessidades dos processos da cadeia de fornecimento na Indústria 4.0. Pretende-se elaborar uma arquitetura aplicando o método de *four-step-rule-set* (4SRS), esta deve assegurar incorporação de necessidades específicas relativas ao desenvolvimento tecnológico (como *cloud computing*, arquiteturas de micro-serviços, *brokers*, etc.) bem como permitir uma maior visibilidade dos *players* da cadeia de fornecimento e focar numa economia mais sustentável.

Palavras-chave: 4SRS, Cadeia de Fornecimento, Indústria 4.0, Interoperabilidade, Modelos de Referência, MRP II e SCOR.

Abstract

Industry 4.0 has revolutionized the way industry operates, introducing technological innovations, such as Internet of Things (IoT) or Cyber Physical Systems (CPS), that have emerged with the evolution of computing over the years. This innovation has led to a paradigm shift and introduced the challenges of digitization of industrial processes, as well as in the upstream and downstream processes of the value chain, adding a large flow of information available to the entire chain, and therefore intra- and inter-organization communication needs.

Digitization of industrial processes, particularly in the supply chain, may involve the need for different companies to connect all parties involved in the process, whether they are internal or external to the organization.

Over time, the development of software applications to support industrial processes has evolved independently without communication with other software applications, and without requirements for linkage with external companies, resulting in a heterogeneous set of environments. This "individualistic" evolution hinders communication (interoperability between computer applications) between different entities, so it is necessary to define a set of definitions and protocol (syntax and semantics) that allows communication between applications, so that there can be an efficient exchange of information.

Thus, this dissertation project seeks to design an architecture to a informatic platform that supports supply chain processes, based on existing reference models in the literature, such as SCOR, which is aligned to meet the needs of supply chain processes in Industry 4.0. It is intended to develop an architecture applying the four-step-rule-set method (4SRS), which should ensure the incorporation of specific needs related to technological development (such as cloud computing, microservices architectures, brokers, etc.) as well as allow a greater visibility of the supply chain players and focus on a more sustainable economy.

Keywords: 4SRS, Industry 4.0, Interoperability, MRP II, Reference Models, SCOR & Supply Chain.

Índice

1.	Introdução	1
1.1.	Enquadramento	1
1.1.1.	Descrição de Empresa Alvo	2
1.1.2.	Principais Objetivos da Plataforma	4
1.1.3.	Âmbito do Projeto.....	5
1.2.	Objetivos e Resultados Esperados.....	8
1.3.	Metodologia de Investigação	9
1.4.	Metodologia Para Revisão De Literatura	11
1.5.	Estrutura Do Documento	12
2.	Análise Do Estado Da Arte	14
2.1.	Introdução	14
2.2.	Indústria 4.0	15
2.3.	Interoperabilidade	18
2.4.	Cadeia de Fornecimento.....	22
2.4.1.	Cadeia de Fornecimento na Indústria 4.0	23
2.4.2.	Manufacturing Resource Planning (MRP II)	24
2.4.3.	Modelos De Referência Da Cadeia Fornecimento	26
2.5.	Conclusões	34
3.	Recolha dos Requisitos relativos à Plataforma Informática.....	36
3.1.	Introdução	36
3.2.	Atores da Plataforma Informática.....	36
3.3.	Requisitos Funcionais da Plataforma Informática	39
3.4.	Sistematização dos Caso de Uso	43
3.5.	Conclusões	52

4.	Aplicação do 4SRS	54
4.1.	Introdução	54
4.2.	Análise do Método 4SRS	54
4.3.	Obtenção Da Arquitetura Lógica Através do 4SRS	60
4.4.	Arquitetura Final.....	66
4.5.	Conclusões	71
5.	Conclusão.....	72
5.1.	Síntese.....	72
5.2.	Dificuldades	73
5.3.	Resultados	74
	Referências	77
	Anexo 1	82
	Anexo 2.....	1

Índice de Figuras

Figura 1 - Esquema de tracking de paletes dentro de um armazém (esquerda). Exemplo de informação de uma paleta (direita).....	5
Figura 2 - Esquematização do âmbito do projeto	7
Figura 3- Fases do Modelo de Processo da Metodologia DSR. Adaptado de (Peffer et al., 2007)	10
Figura 4 - Níveis de SCOR. Adaptado de (Zhou et al., 2011)	29
Figura 5 - Processos de SCOR. Retirado de (Supply Chain Council, 2017)	30
Figura 6 - Fluxo de Material e Informação dentro de uma cadeia de fornecimento.....	22
Figura 7 - Diagrama de caso de uso nível 0.....	43
Figura 8 - Secção da tabela 4SRS	61
Figura 9 - Secção da tabela 4SRS	64
Figura 10 - Pacotes da arquitetura final.....	67
Figura 11 - Componentes da arquitetura final.....	70

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Atores da solução aplicacional	37
Tabela 2 - Atores da solução cloud.....	38
Tabela 3 - Lista de Requisitos Funcionais	39
Tabela 4 - Associação entre SCOR- Plan Source, Casos de Uso e Dados do ERP	45
Tabela 5 - Associação entre SCOR- Plan Deliver, Casos de Uso e Dados do ERP	46
Tabela 6 - Associação entre SCOR- Source, Casos de Uso e Dados do ERP	47
Tabela 7 - Associação entre SCOR- Deliver, Casos de Uso e Dados do ERP	49

Glossário

4SRS – Four Step Rule Set

ATO – Assembly-to-Order

CPS – Cyber Physical Systems

DSR – Design Science Research

DSR – Design Science Research

I4.0 – Indústria 4.0

IaaS – Infrastructure as a Service

IEEE – Instituto de Engenheiros Eletrotécnicos e Eletrónicos

IIC – Industrial Internet Consortium

IIoT – Industrial Internet of Things

IoT – Internet of Things

ISO – International Organization for Standardization

KPI – Key Performance Indicators

MRP – Material Requirement Planning

MRP II – Manufacturing Resource Planning

MTO – Make-to-Order

MTS – Make-to-Stock

PaaS – Plataform as a Service

PRODUTECH4S&C – PRODUTECH Sustentável & Circular

RUP – Rational Unified Process

S&P 500 – Standard & Poror's 500 Index

SaaS – Sofwtare as a Service

SCC – Supply Chain Council

SCOR – Supply Chain Operation Reference

TI – Tecnologias de Informação

Uklon – United Kingdom Office for Library and Information Networking

UML – Unified Modeling Language

XML – Extensible Markup Language

1. Introdução

1.1. Enquadramento

O atual projeto de dissertação é elaborado no âmbito do programa mobilizador PRODUTECH Sustentável & Circular (PRODUTECH4S&C). Este projeto preconiza o desenvolvimento de soluções diferenciadoras, em resposta à urgência da transformação da indústria no sentido da sustentabilidade e economia circular, possibilitando à fileira das tecnologias de produção a assunção de um posicionamento chave num nicho global: tecnologias de produção facilitadoras da circularidade e sustentabilidade industrial.

Esta transformação digital, que surgiu com a quarta revolução industrial, é uma realidade que tem provocado profundos efeitos transformadores na sociedade. A entrada nesta nova era é sinónimo de uma transformação total no modo como as organizações operam visto que implica uma fusão da tecnologia digital e da internet com a indústria convencional, conduzindo a uma conexão total, não só dentro da empresa (entre os equipamentos e colaboradores) mas também com o ambiente exterior (clientes, fornecedores ou outros *stakeholders*). Consequentemente houve um aumento na complexidade inerente ao desenvolvimento do produto e dos processos produtivos, nomeadamente no processo da cadeia de fornecimento.

É neste contexto, que se insere o projeto PRODUTECH4S&C, tendo como principal objetivo o desenvolvimento de novas metodologias, estratégias, ferramentas e abordagens que irão confluír em novos produtos, serviços e sistemas inovadores (tecnologias de produção). Para garantir a complementaridade e abrangência, e ainda o carácter mobilizador, os desenvolvimentos metodológicos/científicos e industriais/de mercado serão focados em 3 áreas complementares da cadeia de valor: Desenvolvimento do Produto, Sistemas de Produção e Cadeias de Fornecimento. É sobre este último (cadeia de fornecimento) que se insere a dissertação.

As cadeias de fornecimento têm um papel essencial no modo como os materiais são processados, rastreados e reutilizados, mormente em contexto crescentemente computacional. A Indústria 4.0 e a forma como todo o processo produtivo tem avançado para um paradigma de digitalização criou uma rutura com os procedimentos atuais, exigindo que as empresas repensem o modo como gerem a sua cadeia de fornecimento. As metodologias e soluções informáticas a desenvolver no projeto irão permitir dotar as empresas com conhecimento e tomadas de decisão devidamente suportadas para, de forma eficiente, concebam e controlem as suas cadeias de

fornecimento, com vista a ter controlo completo na resposta a encomendas, otimizar custos de encomendas, transportes e infraestruturas (intra- e inter-empresas) e reutilização de matérias.

1.1.1. Descrição de Empresa Alvo

O presente projeto de dissertação foca-se na cadeia de fornecimento de uma empresa portuguesa de folha-de-flandres e embalagens de plástico. A organização é uma empresa internacional líder nas indústrias de embalagem de bens de consumo e fabrico por contrato; um dos mais importantes produtores de aerossóis de folha-de-flandres na Europa e o líder ibérico de embalagens. A empresa oferece uma solução de serviço completo no fabrico de embalagens, desde a conceção até ao desenvolvimento e produção. Produzem latas de aerossóis, latas de alimentos, latas industriais e embalagens de plástico. Trabalham para a indústria alimentar (ex.: chantilly, salsichas, óleos), cosméticos (ex.: lacas), produtos farmacêuticos (ex.: sprays musculares), para produtos domésticos (ex.: ambientadores e inseticidas), para tintas, lubrificantes e solventes. Com um volume de negócios de 410 milhões de euros, a empresa emprega 4.228 pessoas em Portugal, Brasil, Alemanha, México, Polónia, Espanha, Emirados Árabes Unidos e Reino Unido.

A linha de montagem da empresa que vamos estudar pode ser dividida em quatro secções diferentes: Linha de Corte Primária, Envernizadores, Impressoras e Linhas de Corte Secundárias.

O **Corte Primário** é um processo de corte por arrombamento através de pancadas sucessivas de um cortante sobre a folha a uma cadência determinada de forma a dar o tamanho correto à folha. O formato da folha cortada depende do cortante, podendo ser reto ou reticulado (*scroll*). Devido à diversidade de embalagens produzidas são utilizadas diversas matérias primas, existindo, portanto, inúmeras especificações de metal. Assim cada bobine é comprada de acordo com os requisitos do produto final a que se destina. Este processo transforma uma bobine de cerca de 10 toneladas (*coil*) em pilhas de folha cortada (*balote*) com um peso médio de 1 tonelada.

O processo de **Envernizamento** consiste na aplicação de um verniz sobre a folha de flandres (obtidas no passo anterior), utilizando um rolo de borracha apropriado, polimerizando através da temperatura numa estufa. Os vernizes podem variar tanto em aspeto (verniz incolor brilhante ou *mat*, verniz metalizado, etc.) como em constituição química (*organosol*, poliéster, epóxi-fenólico, acrílico, ...). Este é um passo vital do processo de fabrico porque protege o interior da lata contra

corrosão provocada pelo seu conteúdo; evita que o conteúdo da lata seja afetado pelo contacto com o metal; protege o exterior da lata contra as agressões do meio ambiente; cria uma superfície que garanta a correta aderência de qualquer junta/borracha. A envernização é também utilizada para alcançar propriedades que favorecem o fabrico e objetivos comerciais (estética).

A **Impressão** passa pela aplicação de tinta numa determinada área da folha traduzindo a cor e ilustração do pedido do cliente. É utilizado um processo *Offset*, ou seja, a tinta não é aplicada diretamente sobre a folha, a impressão é obtida por transferência da tinta através de um sistema de rolos, transmitindo a tinta para uma matriz de impressão (chapa ou transporte) e de seguida para uma tela com borracha e por fim para a folha-de-flandres. Neste processo utiliza-se tinta ultravioleta que seca sob a ação de luz ultravioleta. A velocidade da linha de impressão pode chegar às 7.500 folhas/hora.

Por fim no **Corte Secundário** a folha é cortada em corpos ou tiras. Este processo pode ser feito por lâminas retas, em que duas lâminas pressionam a folha cortando a folha de uma forma retilínea; ou por via de um cortante que a cada pancada recorta com um determinado formato (*scroll*) a folha.

A organização tem três tipos de métodos de produção: *make-to-stock* (MTS), *make-to-order* (MTO) e *assembly-to-order* (ATO). Nos sistemas MTS, os fabricantes produzem o produto final em grande escala de acordo com as previsões de compras dos consumidores e armazenam-no antecipadamente. Desta forma, as encomendas dos clientes são imediatamente satisfeitas com os produtos acabados em stock. Na organização alvo, as suas previsões são feitas com 5 meses de antecedência e com uma precisão de 80%. As encomendas relacionadas com a produção da MTS são as mais rápidas a serem satisfeitas com uma média de 48 horas.

Ao contrário das produções MTS, as MTO são diretamente impulsionadas pela procura do cliente, permitindo assim que os consumidores comprem produtos que são personalizados de acordo com as suas especificações. Na empresa de embalagem em estudo, as encomendas relativas à produção de MTO são as que têm o maior tempo de espera, demorando em média 4 semanas desde a receção da encomenda até à sua entrega.

Na estratégia ATO, a organização armazena componentes do produto final baseados em previsões, mas só monta o produto após receber a encomenda do cliente. Por outras palavras, os componentes são montados em produtos acabados com base nas exigências do cliente, mas a

decisão sobre quais os componentes a adquirir ou a produzir deve ser tomada muito antes de a procura se materializar. Na empresa abordada neste documento este tipo de pedidos demora cerca de 2 semanas a ser terminado.

1.1.2. Principais Objetivos da Plataforma

O projeto qual esta tese está inserida tem como objetivo final o desenvolvimento de uma plataforma informática que proporcione novas formas de inclusão e visibilidade dos *players* da cadeia de fornecimento (fábricas, fornecedores, transportadores, armazéns intermédios ou entrepostos, entre outros) de modo a promover uma economia mais sustentável. Para tal serão utilizadas diversas tecnologias emergentes da Indústria 4.0 como *cloud computing* e *machine learning*. Como resultado final espera-se obter uma ferramenta de apoio à gestão dos processos da cadeia de fornecimento na Indústria 4.0 que seja capaz de:

- Prever a procura dos clientes, e riscos envolvidos;
- Fazer o balanceamento dos materiais, em tempo real, com o stock, procura do cliente, e estado dos fornecedores;
- Permitir uma visibilidade dos *players* e agilidade ao longo dos processos da cadeia de fornecimento, diminuindo o tempo de reação às falhas, e dos ciclos das encomendas e entregas;
- Aumentar a eficiência no controlo do inventário dos materiais, da procura e da oferta, e no planeamento da reposição;
- Reduzir custos de stock e das diversas operações assim como reduzir os tempos de resposta ao cliente, através de tecnologias de *machine learning*;
- Analisar um grande volume de dados melhorando a precisão da procura aplicando algoritmos de *machine learning*
- Rastrear a mercadorias ao nível do lote ou palete
- Permitir comunicação entre fábricas e fornecedores, que permitirá pedidos de compras.

Com o apoio de técnicas avançadas de análise é possível simular diversos cenários que consistam no melhor percurso que uma ação poderá desencadear, de forma a alcançar os

objetivos da organização. Em suma, a introdução de algoritmos de *machine learning* (preventivos ou prescritivos) poderá melhorar a eficácia do planeamento, devido à possibilidade de definir as ações a desenvolver com base em dados históricos da organização.

1.1.3. Âmbito do Projeto

Após os objetivos do projeto estarem esclarecidos deve-se definir o âmbito do problema de modo a começar-se a ter uma noção do que será a solução final. Primeiro foram definidas as funções principais do sistema, nomeadamente: **gerir localização de lotes**, **executar previsões e otimizações** e **gerir propostas de fornecimento**.

De modo a completar a primeira funcionalidade (**gerir localização** de lotes) é necessário um sistema de *tracking* que enviará a localização dos lotes para o sistema, onde esta ficará armazenada. Para tal serão utilizados dispositivos de Bluetooth associados aos *container* e outros associado às diferentes áreas da empresa. Deste modo sempre que um *container* é deslocado de uma área para outra é enviado um sinal para guardar a nova localização. Para além disso, os dispositivos também terão sinal GPS de modo a saber a localização dos *containers* quando estes estão em transporte. De modo que estas operações funcionem é necessário um interveniente humano que irá fazer os registos necessários (associar o dispositivo ao *container*, os produtos que este contém, registar as diferentes áreas, etc.) (Figura 1).



Figura 1 - Esquema de tracking de paletes dentro de um armazém (esquerda). Exemplo de informação de uma paleta (direita).

Para que o sistema possa **executar previsões e otimizações** é necessária uma interface onde um ator humano irá inserir alguns dados necessário (como o espaço temporal no qual quer a previsão), e outra para consulta dos resultados. Cada pedido de análise previsional ou prescritiva despoleta um envio de dados do ERP da organização, estes dados serão utilizados para executar as análises pedidas e serão armazenados de modo a existir um histórico dos dados ao longo dos anos para que as previsões e otimizações sejam o mais precisas possíveis. O foco principal das análises realizadas é a gestão de necessidades e controlo de stock (MRP II) utilizando algoritmos de *machine learning* de modo a que o sistema se torne inteligente. Esta é a funcionalidade onde são definidas as necessidades de materiais necessários para dar início a ordens de fabrico, e que levam a processos de compra e otimização de stock. É um processo essencial para promover a circularidade e reutilização dos materiais e eliminar desperdícios.

Para **gerir as propostas de fornecimento** o sistema permite que os fornecedores enviem as suas propostas que são de seguidas armazenadas e estão disponíveis para consulta. Assim, a organização pode consultar as propostas de diferentes fornecedores (como um “catálogo”) e selecionar as mais adequadas às suas necessidades, de seguida o respetivo fornecedor é informado pelo sistema qual das suas propostas foi escolhida e quem o selecionou. Esta função é crucial visto que não só aumenta a visibilidade dos *players* da cadeia de fornecimento como também incentiva à sustentabilidade. Por exemplo se uma empresa tem excesso de um certo material pode facilmente enviar a proposta de fornecimento. Para além disso permite uma rápida aquisição de material, suponhamos que há um problema com o fornecedor habitual e este não vai ser capaz de satisfazer o pedido, a organização pode utilizar este sistema para procurar um fornecimento do recurso em falta. Estes processos vão assim ser desenvolvidos com vista ao aumento da circularidade, e simbiose industrial inter-empresas.

Com estas necessidades em mente foi elaborado um esquema do âmbito do projeto (Figura 2):

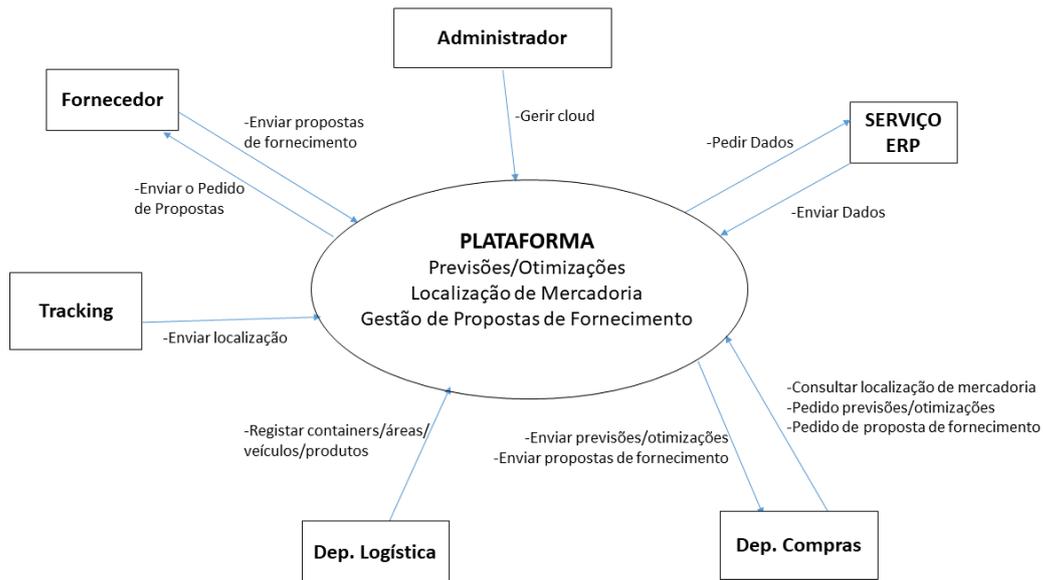


Figura 2 - Esquemática do âmbito do projeto

No centro encontra-se a plataforma a ser desenvolvida com as funções internas referidas anteriormente. À volta da plataforma temos alguns dos atores identificados até ao momento e cada seta representa uma interação (do ponto de vista da origem da seta). Como atores do sistema neste momento temos o:

- O **serviço ERP** da organização que vai enviar os dados os dados necessários (assim que recebe o pedido da plataforma).
- O **departamento de compras** é o humano responsável consultar a localização da mercadoria, e realizar pedidos de previsões e otimizações. Também é este ator que consulta e escolhe a proposta de fornecimento.
- O **departamento do armazém** é ator humano responsável por inserir a informação necessária para a localização de mercadoria, como associar os dispositivos aos respetivos *containers* e atualizar os produtos que que lá estão armazenados.
- O **serviço de tracking** representa os dispositivos responsáveis por enviar a informação da localização dos *containers* (tanto *indoor* como *outdoor*) para a plataforma.
- O **serviço de fornecedores** representa o sistema usado pelos fornecedores que irá enviar as propostas de fornecimento disponíveis e receber as escolhidas.

- Por fim é necessário um **administrador** para gerir a plataforma, que seja responsável pelos utilizadores e as permissões de cada.

1.2. Objetivos e Resultados Esperados

Este projeto de dissertação tem como objetivo geral a definição de arquitetura de uma plataforma informática de suporte ao processo 4.0 da cadeia de fornecimento, tendo por base modelos de referência existentes na literatura sobre Indústria 4.0 e processos da cadeia de fornecimento. Neste contexto pretende-se assegurar a incorporação de necessidades específicas relativas ao desenvolvimento tecnológico. Para cumprir este objetivo há uma serie de *milestones* que devem ser alcançadas:

1. Elaboração de uma revisão de literatura e realização de um documento de análise do estado de arte do tema em questão. Este passo permitirá que o projeto seja desenvolvido sob uma base teórica sólida e vai permitir reunir todos os conceitos necessário à realização da dissertação. Daqui resultará um estudo da quarta revolução industrial que trouxe consigo conceitos pertencentes às tendências tecnológicas dos dias de hoje como o tema da interoperabilidade. É também necessário explorar o estudo da cadeia de fornecimento e de como as tecnologias emergentes da Indústria 4.0 a afetam, dando especial atenção aos sistemas MRP II (*Manufacturing Resource Planning*). Seguida por uma análise da noção de modelos de referência em particular do modelo *Supply Chain Operation Reference* (SCOR).
2. Recolher os requisitos e definir os casos de uso. Este passo consiste na recolha dos requisitos funcionais e não funcionais do sistema reunindo as necessidades de todas as entidades envolvidas evidenciando as tarefas a executar, as fontes de dados, os intervenientes e tecnologias utilizadas. A análise dos requisitos do sistema é fundamental numa fase inicial anterior ao desenvolvimento, dado que se pretende fazer face às necessidades dos utilizadores. Após esta recolha é necessário traduzir estes pedidos em funções do sistema, para tal irá utilizar-se a linguagem UML (*Unified Modeling Language*), mais concretamente os diagramas de caso de uso. Toda esta etapa deve ser realizada tendo o modelo de referência SCOR por base.

3. Conceção da arquitetura lógica da plataforma informática que irá suportar os processos da cadeia de fornecimento para responder aos desafios levantados pelos cenários referenciados no objetivo anterior. Será, portanto, efetuada a criação de uma arquitetura que deverá garantir a resposta aos desafios apresentados, ter um modelo de referência de processos da cadeia de fornecimento, como base e assegurar incorporação de necessidades específicas relativas ao desenvolvimento tecnológico. O processo de conceção de arquiteturas de *software* é muitas vezes uma atividade intuitiva, pouco baseada em princípios de engenharia (Machado et al., 2006). No entanto de modo a evitar este problema, neste projeto de dissertação esta tarefa irá aplicar uma abordagem de transformação arquitetónica, chamada 4SRS, que emprega sucessivas transformações da arquitetura de *software*, de modo a satisfazer as necessidades dos utilizadores.

1.3. Metodologia de Investigação

De modo a concluir com sucesso um trabalho de investigação é necessário recorrer a uma abordagem metodológica capaz de auxiliar o trabalho e a alcançar os objetivos propostos. Este é um passo essencial para garantir a conclusão do projeto de dissertação de mestrado.

Frequentemente, uma abordagem metodológica representa os meios, procedimentos ou técnicas utilizadas para realizar algum processo de uma forma lógica, ordenada e sistemática de modo a (1) recolher dados, (2) formular uma hipótese ou proposta, (3) testar a hipótese, (4) interpretar os resultados, e (5) apresentar as conclusões que podem mais tarde ser avaliadas independentemente por outros (Berndtsson et al., 2008).

Ao escolher a metodologia é necessário ter em conta a área de investigação, como Lee (2001) cita, "A investigação no campo dos sistemas de informação examina mais do que apenas o sistema tecnológico, ou apenas o sistema social, ou mesmo os dois lados a lado; além disso, investiga o fenómeno que surge quando os dois interagem". Após analisar possíveis abordagens foi selecionada a *Design Science Research* (DSR), visto que se trata de uma metodologia de investigação em que se responde a questões relevantes para os problemas humanos através da

criação de artefactos inovadores (Hevner & Chatterjee, 2012). Esta metodologia está dividida em 6 atividades distintas (Geerts, 2011):

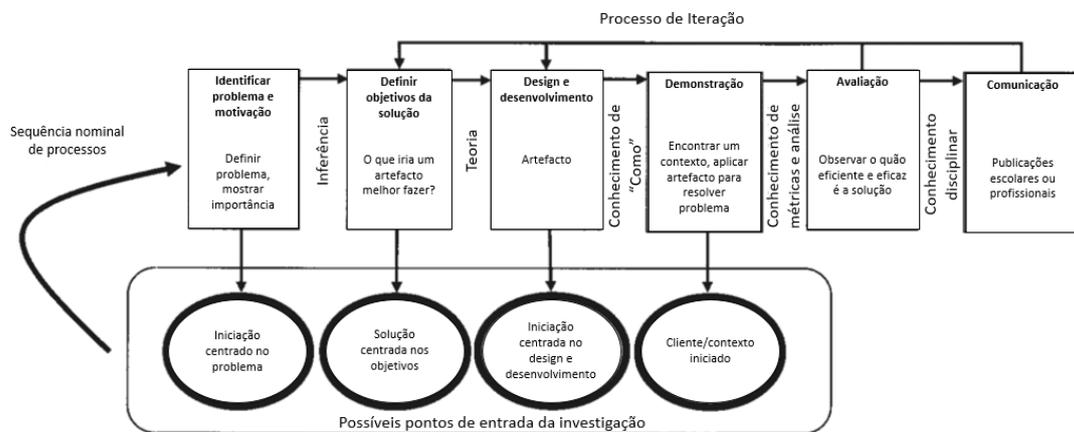


Figura 3- Fases do Modelo de Processo da Metodologia DSR. Adaptado de (Peffer et al., 2007)

Atividade 1: **Identificação do problema.** Identificar problema específico de investigação e justificar o valor de uma solução. Esta fase pode iniciar com a pesquisa de um problema de investigação, com um pedido de cliente, ou mesmo com uma versão já concebida de um artefacto.

Atividade 2: **Definir os objetivos.** Definir os objetivos de uma solução a partir da definição do problema, para tal é necessário o conhecimento do estado dos problemas e das soluções atuais, caso existam, e a sua eficácia

Atividade 3: **Design e desenvolvimento.** Criar o artefacto, este pode ser um modelo, método ou "novas propriedades de recursos técnicos, sociais e/ou informativos" (Pertti, 2007).

Atividade 4: **Demonstração.** Demonstrar a utilização do artefacto para resolver uma ou mais instâncias do problema. Isto poderia envolver a sua utilização em experiências, simulação, estudo de casos, prova, ou outra atividade apropriada.

Atividade 5: **Avaliação.** Observar e medir o quão bem o artefacto suporta uma solução para o problema. Esta atividade implica comparar os objetivos de uma solução com os resultados efetivamente observados da utilização do artefacto na demonstração.

Atividade 6: **Comunicação.** Comunicar o problema e a sua importância e apresentar o artefacto bem como a sua utilidade, inovação e o rigor da sua concepção. No caso de um projeto de dissertação como este, esta fase passa pela apresentação e elaboração do documento de tese.

1.4. Metodologia Para Revisão De Literatura

A análise do estado de arte foi realizada através de uma revisão de literatura sistemática que se iniciou a outubro de 2019 e se estendeu até dezembro de 2022. As referências incluídas no presente documento foram obtidas através das plataformas *Google Académico* (<https://scholar.google.com/>) e *RepositoriUM* (<https://repositorium.sdum.uminho.pt/>) e foram considerados todo o tipo de artigos (eg.: artigos de revista, artigos de jornal) e livros.

As palavras-chave utilizados foram os já anteriormente mencionados na secção de Sumário: “Indústria 4.0”, “Interoperabilidade”, “Modelos de Referência”, “SCOR”, “4SRS”, “Cadeia de Fornecimento” e “MRP II”, estas foram seleccionadas antes da revisão de literatura estar concluída. No entanto ao decorrer do projeto mostrou-se necessário analisar como é que as tecnologias que as entidades desenvolvedoras querem aplicar na solução final interferem com os processos de uma cadeia de fornecimento, portanto foram acrescentadas as seguintes palavras-chave: “Digitalização da Cadeia de Fornecimento”, “*Cloud* na Cadeia de Fornecimento” e “*Machine Learning* nas Cadeias de Fornecimento”. Na pesquisa foram incluídas publicações com textos completos nos idiomas português ou inglês, de modo a obter os trabalhos mais atuais e relevantes da última década foram seleccionadas publicações compreendidas entre 2010-2022 cujo tema principal correspondesse à palavra-chave utilizada. Após a recolha dos artigos foi feita uma segunda seleção após a análise do sumário e resultados obtidos dos mesmos. Se um documento se mostrasse relevante era guardado para uma leitura mais detalhada, caso contrário, ou seja, o sumário ou conclusão não irem de acordo ao tema pretendido, o documento era descartado.

As referências bibliográficas das publicações, também foram analisadas a fim de se incorporar novos estudos que não estivessem nos resultados das buscas. Isto levou a que alguns artigos mais antigos fossem incorporados no presente documento, no entanto apenas foram incluídos os que apresentavam uma quantidade considerável de citações (acima de 200).

Nas temáticas do 4SRS e MRP II tiveram de ser aplicados outros critério de seleção visto não apresentarem nenhuma publicação dentro do espaço temporal definido. Foi, portanto, expandido o critério para artigos entre 2000-2022, mesmo assim revelou-se necessário explorar outras fontes para analisar a temática de MRP II. O MRP II surgiu na década 70 e é dessa altura

que datam a maioria das publicações referentes a esta tecnologia. No entanto de modo a incluir informação que reflita o estado atual destes sistemas foram consultadas paginas de *web* de empresas que fornecem este tipo de serviço como a “MRPeasy” e “SIEMENS”.

1.5. Estrutura Do Documento

De modo a clarificar os temas abordados no corrente projeto de dissertação, este documento foi estruturado da seguinte forma:

O primeiro capítulo, a Introdução, está dividido em quatro subcapítulos começando pelo enquadramento do projeto para melhor se perceber como este surgiu e em que ambiente vai ser aplicado e desenvolvido, de seguida apresenta-se sucintamente os objetivos a cumprir, por fim é apresentado o método de investigação e método de revisão de literatura adotados e a organização do documento.

O segundo capítulo, "Estado da Arte", apresenta os temas e conceitos envolventes na dissertação. Primeiro é apresentada a metodologia aplicada na revisão de literatura. De seguida é abordada a temática da Indústria 4.0, e um conceito intrínseco a esta revolução industrial: a interoperabilidade. Aí é explorada a própria definição de interoperabilidade, que ainda hoje gera discussões na comunidade científica, e os diferentes níveis em que esta pode existir. O capítulo seguinte aborda o conceito da própria cadeia de fornecimento e como esta mudou com a Indústria 4.0 e como as tecnologias emergentes podem ser aplicadas. Posteriormente, também em seguimento da temática da evolução da cadeia de fornecimento, surge o sistema MRP II e como este evolui. O MRP II é um sistema de gestão de necessidades da cadeia de fornecimento e será um componente essencial da plataforma final. Por fim são abordados os modelos de referência dando especial atenção ao modelo de referência para as operações da cadeia de fornecimento: SCOR.

O terceiro capítulo apresenta a recolha dos requisitos, estabelecendo inicialmente as entidades que irão interagir com o sistema: os atores. Estes podem tanto ser pessoas como serviços ou máquinas. De seguida é apresentada a transformação dos requisitos funcionais em casos de uso de modo a melhor traduzir as necessidades apresentadas pelos utilizadores em interações específicas com o sistema. Em UML, utilizar diagramas de caso de uso ajuda a captar os requisitos do sistema. Os diagramas de caso de uso descrevem as funções de alto nível e o alcance de um

sistema. Estes diagramas também identificam as interações entre o sistema e os seus acores. De modo a garantir que a plataforma proporciona o melhor suporte é necessário garantir que os casos de uso cobrem os processos da cadeia de abastecimento apresentados pelo modelo SCOR. De modo a garantir que este paralelismo existe deve ser apresentada a associação entre os casos de uso do sistema e os processos do modelo de referência.

Por fim é aplicado o método 4SRS de modo a obter uma arquitetura final representada num diagrama de objetos. O 4SRS utiliza a informação dos casos de uso obtidos anteriormente para criar elementos arquiteturais e as suas associações, estas transformações podem ser representadas de forma tabular. Conclui-se assim com a apresentação a arquitetura final. Esta é representada num diagrama de objetos sendo que cada objeto representa um elemento arquitetural e as suas ligações.

O atual documento de dissertação termina com a síntese dos trabalhos desenvolvidos ao longo da dissertação. Deve ainda constar desta secção os resultados atingidos, a sua correspondência com os objetivos e as dificuldades encontradas ao decorrer do projeto.

Os anexos presentes neste documento pretendem complementar a informação apresentada ao longo do mesmo. O primeiro trata-se da descrição e representação de todos os casos de uso desenvolvidos para a plataforma informática, o seguinte, é o diagrama de objetos completo visto que no quarto capítulo é apenas ilustrado de uma forma mais simplificada.

2. Análise Do Estado Da Arte

2.1. Introdução

Neste capítulo são analisados alguns conceitos essenciais para a compreensão e enquadramento desta dissertação. Explora-se como evoluíram, como podem vir a crescer no futuro e como se relacionam entre si.

Primeiramente foca-se na Indústria 4.0 que não é nada menos do que a próxima revolução industrial. Este capítulo descreve o que a Indústria 4.0 representa, quais são as forças motrizes por detrás da transição e quais são as competências e capacidades necessárias para enfrentar com sucesso a transição para a Indústria 4.0.

Um conceito essencial para este projeto que surgiu com a quarta revolução é a “Interoperabilidade”. À medida que mais empresas se deslocam para mercados online e enfrentam novas oportunidades de negócio e pressões tais como fusões, aquisições, desregulamentação, gestão da cadeia de fornecimento, e novas ofertas de serviços, as empresas enfrentam desafios de integração cada vez maiores (Park & Ram, 2004). Mas para perceber estes desafios é necessário primeiro compreender o que é a interoperabilidade em si e que conceitos acarreta.

De seguida é explorado o conceito de modelo de referência abordando a necessidade destes e dando especial atenção ao modelo de referência para operações da cadeia de fornecimento (SCOR). Nesta secção é explorada a história do modelo e os seus objetivos, bem como a que níveis pode ser aplicado na indústria e as partes que o constituem (processos, praticas e pessoas).

Mostra-se também crucial o estudo do que é uma cadeia de fornecimento. Abordando não só a definição e componentes desta, mas também como foi evoluindo na Indústria 4.0 e como as tecnologias emergentes (e.g.: *cloud computing* ou *machine learning*) podem afeta-la. Continuando na temática de tecnologias aplicadas à cadeia de fornecimento surge os sistemas de MRP II utilizados para gestão dos processos da mesma. O sistema MRP II tem particular foco no plano de procura (*demand plan*) e de necessidades (*purchase plan*), além disso fornece diferentes benefícios na gestão de inventários e produção.

2.2. Indústria 4.0

Assumindo um destaque cada vez maior na da comunidade académica e científica, a compreensão do conceito de indústria 4.0 e as repercussões que causou na indústria tornando-se fulcral na presente dissertação.

O conceito "Indústria 4.0" surgiu para descrever a estratégia de alta tecnologia promovida pelo governo alemão em 2011. Esta abrange um conjunto de tecnologias de ponta ligadas à internet com objetivo de tornar os sistemas de produção mais flexíveis e colaborativos. Nesta proposta, as organizações usariam máquinas com auto-otimização, auto-configuração e inteligência artificial para realizar as tarefas mais complexas de modo a aumentar a eficiência e melhorar a qualidade dos serviços e bens oferecidos (Bahrin et al., 2016; Santos et al., 2018). Este termo rapidamente se tornou na nomação da quarta revolução industrial.

A primeira revolução industrial começou na segunda metade do século XVIII em Inglaterra, tendo como principal marco a invenção da máquina a vapor. É caracterizada pela introdução de máquinas e ferramentas no processo de fabrico, até então puramente manual. A partir do final do século XIX até meados do século XX houve evoluções significativas na indústria de diversas áreas como a elétrica e química. Durante esta época surge a segunda revolução industrial caracterizada pela introdução de linhas de fabrico que viriam a permitir a produção em massa e a baixos custos. A terceira revolução começou, após a segunda guerra mundial, na década de 1950. Também conhecida como "revolução digital" destaca-se pela proliferação e uso dos computadores, da automação e robotização em linhas de produção, com informação armazenada e processada de forma digital, bem com pela introdução de telefones móveis e internet (Coelho, 2016).

Assim no início do século XXI iniciou-se a quarta revolução industrial. O desenvolvimento da internet e avanços significativos em tecnologias de *software* e hardware levou a uma transformação na indústria, sendo possível implementar máquinas que aprendem e comunicam entre si criando uma enorme rede de "coisas". Tudo isto permite uma gestão de produção nunca antes vista utilizando dados em tempo real e tomadas de decisão automáticas por parte das próprias máquinas (Klaus Schwab, 2016). Na quarta revolução industrial, as tecnologias estão a aproveitar a expansão da banda-larga, a crescente disponibilidade de serviços em *cloud*, e a velocidade e capacidade crescentes de processamento gráfico para ir além do ecrã e entrar na produção industrial e dispositivos interativos (Klau Schwab & David, 2018).

Desde o início da industrialização que as mudanças de paradigma ocorrem devido às novas exigências do mercado ou a saltos tecnológicos. De acordo com Lasi et al. (2014) atualmente é possível ver que o mercado exige que as organizações apresentem certas características como:

- **Períodos curtos de desenvolvimento:** Os períodos de desenvolvimento e de inovação precisam de ser encurtados. A elevada capacidade de resposta está a tornar-se um fator de sucesso essencial para muitas empresas ("*time to market*").
- **Individualização a pedido:** Tem surgido uma individualização crescente dos produtos ("*Lot Size One*"). Isto significa que as empresas já não podem depender da produção em massa para agradar ao cliente. O fabricante deve produzir o produto depois de ter o cliente, não na esperança de encontrar um depois.
- **Flexibilidade:** Devido às constantes mudanças de requisitos, é necessária uma maior flexibilidade no desenvolvimento de produtos, especialmente na produção.
- **Descentralização:** Para lidar com as exigências referidas, são necessários procedimentos de tomada de decisão mais rápidos. Para tal, as hierarquias organizacionais precisam de ser reduzidas.
- **Eficiência de recursos:** A crescente escassez e o conseqüente aumento dos preços dos recursos, bem como as mudanças sociais, exigem uma atenção mais intensa à sustentabilidade nos contextos industriais.

Para além de alterações no mercado houve avanços tecnológicos significativos que levaram à quarta revolução industrial. Lasi et al. (2014) afirma ainda que estes avanços podem ser divididos em 3 pontos:

- **Mecanização e automatização cada vez maiores:** No processo de trabalho são utilizadas cada vez mais ajudas técnicas, que apoiam o trabalho físico. Além disso, existem soluções automáticas, que consistem em componentes operacionais, dispositivos e componentes analíticos, tais como células de fabrico "autónomas" que controlam e otimizam de forma independente a produção em várias etapas.
- **Digitalização e *networking*:** A digitalização crescente de todas as ferramentas de fabrico e de apoio à produção está a resultar no registo de uma quantidade crescente de dados que podem apoiar funções de controlo e análise. Os processos digitais evoluem como resultado do aumento da *network* dos componentes técnicos e, em conjunto com o

aumento da digitalização dos bens e serviços produzidos, conduzem a ambientes completamente digitalizados.

- **Miniaturização:** Simultaneamente, verifica-se uma tendência para a miniaturização. Enquanto há alguns anos atrás os computadores exigiam espaço significativo, hoje em dia dispositivos com um desempenho comparável ou mesmo consideravelmente superior podem ser instalados em poucos centímetros cúbicos.

É necessário entender que a quarta revolução industrial irá impactar ambos os lados da cadeia de fornecimento, tanto a nível de exigências dos clientes como dos parceiros de negócio. De acordo com Klaus Schwab (2016) há quatro mudanças principais na Indústria:

- Alterações nas expectativas dos clientes.
- Produtos mais inteligentes, o que melhora a produtividade dos bens.
- Novas parcerias estão a ser formadas à medida que as empresas aprendem a importância de novas formas de colaboração.
- Modelos operacionais estão a ser transformados em novos modelos digitais.

Para além destas, há provas de que as tecnologias que sustentam a quarta revolução industrial estão a ter um grande impacto na forma como as empresas são lideradas, organizadas e dotadas de recursos. Um sintoma particular deste fenómeno é a redução histórica da duração média de vida das empresas listadas no S&P 500 (Standard & Poor's 500 Index), que caiu de cerca de 60 anos para aproximadamente 15 anos. Também é possível observar a mudança do tempo em que as novas organizações demoram a dominar os mercados e atingem marcos significativos de receitas. Não havendo dúvida de que as tecnologias emergentes estão a aumentar a velocidade e a escala da mudança para as empresas (Klaus Schwab, 2016).

Enquanto muitas organizações ainda estão ocupadas a desenvolver métodos de interligação de novas tecnologias para melhorar a eficiência e a produtividade - o princípio orientador por detrás da Indústria 4.0 - a próxima fase de industrialização já está a chegar. A Indústria 5.0 refere-se a mais do que uma simples melhoria da tecnologia, trata-se antes de pessoas que trabalham ao lado de robôs e máquinas inteligentes. Acrescenta um toque humano aos pilares da Indústria 4.0 de automatização e eficiência.

Um dos assuntos centrais associados à Indústria 4.0 é a interoperabilidade. A quarta revolução industrial trouxe a digitalização o que por sua vez levou à necessidade de novos modos de

distribuição de informação. Esta partilha de dados veio levantar questões relacionadas com a interoperabilidade quer entre máquinas quer dentro de toda a organização.

2.3. Interoperabilidade

O fenómeno conhecido como "interoperabilidade" tornou-se relevante a partir do momento em que diferentes aplicações informáticas precisavam de partilhar dados dentro ou entre organizações. Os termos utilizados inicialmente para descrever esta ação eram: intercâmbio eletrónico de dados, conectividade e interconexão de sistemas abertos, entre outros (Kubicek et al., 2018). O conceito de interoperabilidade surgiu mais tarde associado à engenharia de *software* e implicava que um sistema agisse em nome de outro (Kosanke et al., 2003). Estas necessidades vêm da indisponibilidade de standards, *hardware* e plataformas de *software* heterógenas e do desenvolvimento proprietário. A situação tornou-se mais crítica com o aparecimento de novos ecossistemas de negócio como organizações virtuais ou em rede que exigem redes globais, colaborativas, baseadas na partilha de conhecimento (Chen & Doumeingts, 2003).

No entanto, mesmo que muito utilizado na área de sistemas de informação (SI), o termo "interoperabilidade" ainda não tem uma definição clara partilhada entre toda a comunidade (Pagano et al., 2013). Existem, porém, diversas tentativas de definição, a *International Organization for Standardization* (ISO), por exemplo, define interoperabilidade como “a capacidade de partilhar e trocar informações usando uma sintaxe e semântica comum para atender a uma relação funcional específica de uma aplicação ao longo de uma interface comum”. O Instituto de Engenheiros Eletrotécnicos e Eletrónicos (IEEE) classifica-a como “a habilidade de dois ou mais sistemas ou componentes trocarem informação e usar a informação partilhada” (Zeid et al., 2019). Na visão de *United Kingdom Office for Library and Information Networking* (Uklon) a interoperabilidade pode ser considerada como a "habilidade de um sistema ou produto de trabalhar com outro sistema ou produto sem esforço da parte do cliente" (Miller, 2005; Sayão & Marcondes, 2008).

Note-se, porém, que existem duas características sempre presentes: Partilha de Informação e Usabilidade de Informação. Todas as tentativas de definição concordam que interoperabilidade é apenas alcançada quando há troca de informação, e esta é transferida perfeitamente, ou seja, sem distorções perceptíveis ou atrasos inesperados entre a origem, o processamento e o uso. O

outro aspeto enfatizado é a noção de usabilidade ou utilidade das informações partilhadas, o IEEE vai ainda mais longe e especifica que o uso da informação é determinado pelo sistema recetor, o que implica que este não só é capaz de processar informação, mas também determinar qual pode ser utilizada e qual deve ser descartada (Diallo et al., 2011).

Normalmente na área dos sistemas de informação a interoperabilidade é dividida em quatro níveis diferentes: técnica, sintática, semântica e organizacional.

Interoperabilidade Técnica

A interoperabilidade técnica surge dos desafios tecnológicos ligados à incompatibilidade de sistemas devido à alta heterogeneidade, à existência de sistemas legados, aos vários formatos de dados usados e a às diferenças entre soluções TIC oferecidas por cada fornecedor (redes de computadores, sistemas operacionais, servidores, sistemas de base de dados, etc.) (Vernadat, 2010).

A Interoperabilidade técnica debruça se sobre os aspetos técnicos do intercambio de dados entre diferentes tecnologias a nível sintático e físico. Outra preocupação deste tipo de interoperabilidade é o layout, ou seja, a maneira como cada entidade se relaciona com outras em termos de computação e em tomada de decisão (Vernadat, 1996; Åkerman et al., 2018).

A interoperabilidade técnica é alcançada quando serviços ou informações podem ser trocadas direta e satisfatoriamente entre os sistemas e os seus utilizadores (Rezaei, Chiew, & Lee, 2014).

Interoperabilidade Sintática

Interoperabilidade sintática é definida como a capacidade de trocar dados e está normalmente associada à formatação de dados. As mensagens passadas em sistemas interoperáveis devem possuir sintaxe e codificação bem definidas (Rezaei, Chiew, & Lee, 2014).

Entre humanos a sintaxe pode ser definida como o "arranjo de palavras (na sua forma apropriada) de modo a que sua relação e conexão na frase seja perceptível"; ou como o "departamento da gramática que lida com os usos estabelecidos de construção gramatical e as regras deduzidas a partir destes" (Oxford English Dictionary). Portanto a sintaxe no seu sentido tradicional aborda a estrutura das frases e não só os termos/palavras isoladamente.

Assim, tal como no seu sentido gramatical, a interoperabilidade sintática lida com os seguintes desafios: 1) identificar todos os termos em vários sistemas; 2) estabelecer regras para estruturar esses termos; 3) mapear e criar interligações entre termos equivalentes usando *schemas*; 4) concordar em regras equivalentes para unir diferentes sistemas de catalogação e registo. Por conseguinte pode afirmar-se que o objetivo da interoperabilidade sintática é a normalização da comunicação entre um *software* cliente e o servidor (Veltman, 2001; Sudmanns et al., 2018).

A interoperabilidade sintática depende do formato de dados especificado e protocolos de comunicação para garantir a passagem de dados e comunicação. Neste nível os sistemas envolvidos conseguem processar as informações trocadas, mas não há garantia que as interpretem da mesma maneira (Ide & Pustejovsky, 2010).

Interoperabilidade Semântica

Como mencionado previamente, interoperabilidade é a capacidade de componentes de um sistema trocarem serviços e dados uns com os outros, esta partilha baseia-se em acordos entre solicitantes e fornecedores sobre, por exemplo, protocolos de passagem de mensagens, nomes de procedimentos, códigos de erro e tipos de argumentos. A interoperabilidade semântica assegura que estes intercâmbios fazem sentido - que o recetor e o fornecedor têm um entendimento comum do "significado" dos serviços e dados partilhados (Heiler, 1995).

Além de albergar a interoperabilidade sintática e técnica, a interoperabilidade semântica exige que o sistema compreenda a semântica do pedido de informação e das fontes da mesma (Garde et al., 2007). Assim sendo, a interoperabilidade semântica pode ser definida como a capacidade de operar sobre os dados de acordo com a semântica estabelecida (Lewis & Wrage, 2006). Este tipo de interoperabilidade acontece quando dois sistemas conseguem interpretar automaticamente as informações trocadas de forma significativa e precisa, a fim de produzir resultados úteis (Ide & Pustejovsky, 2010).

Devido á complexidade da interoperabilidade semântica há investigadores que a subdividem em dois níveis: leve/fraca e pesada. Segundo Sheth (1995), a semântica é fraca se for possível deferir o significado dos dados com base nas informações da base de dados (ou seja, o nome de um atributo). Vamos tomar como exemplo a partilha do valor "37", sem saber ao certo o significado desta informação ela não consegue ser processada de forma útil.

Se “37” estiver armazenado na base de dados de idade, podemos assumir com segurança que se trata de anos. Por outro lado, Rosenthal afirma que na semântica pesada. As informações partilhadas são mais complexas e exigem um formalismo mais detalhado, apresentando como exemplo de “semântica pesada” listas de valor-propriedade, glossário e IA (Sheth, 1997; Park & Ram, 2004; Kalfoglou, 2009).

Interoperabilidade Organizacional

A interoperabilidade organizacional diz respeito à capacidade das organizações de comunicarem e transferirem informações eficazmente apesar da utilização de uma variedade de sistemas de informação sobre tipos significativamente diferentes de infraestruturas, possivelmente através de várias regiões geográficas e culturas (Rezaei, Chiew, Lee, et al., 2014). Interoperabilidade organizacional lida com sistemas de grande escala que são muito dinâmicos e, em tempo de execução, os seus componentes podem mudar, destruir-se ou renunciar temporária ou permanentemente às suas tarefas e novos elementos com melhores serviços podem entrar no sistema. É também possível que algumas políticas restritivas sejam aplicadas para manter a qualidade do serviço devido a uma maior agregação e tráfego. O que é importante é que todos os elementos estejam conscientes destas mudanças contínuas e dinâmicas e se adaptem às novas condições sem qualquer perturbação nas funções globais do sistema (Rezaei, Chiew, Lee, et al., 2014).

A interoperabilidade organizacional baseia-se no sucesso da interoperabilidade técnica, sintática e semânticos. Para alcançar a interoperabilidade técnica, existem normas reconhecidas, tais como EDIFACT ou XML (Extensible Markup Language) para o intercâmbio de dados. Para a interoperabilidade semântica, existem conceitos e métodos reconhecidos, tais como as ontologias. A interoperabilidade organizacional, em contraste, parece ser uma categoria residual sem tais padronizações (Kubicek et al., 2018).

Os problemas organizacionais comuns a serem resolvidos a este nível incluem, mas não estão limitados a: diferentes comportamentos humanos e organizacionais, diferentes estruturas organizacionais, diferentes organizações de processos empresariais e abordagens de gestão, diferentes sentidos de redes de criação de valor, diferentes objetivos empresariais, diferentes bases legais, legislações, culturas ou métodos de trabalho e diferentes abordagens de tomada de decisão (Vernadat, 2010).

2.4. Cadeia de Fornecimento

Uma cadeia de fornecimento é uma rede entre uma empresa e os seus fornecedores para produzir e distribuir um produto específico ao comprador final. Esta rede inclui diferentes atividades, pessoas, entidades, informação e recursos (Christopher, 2005). A cadeia de fornecimento também representa os passos necessários para obter o produto ou serviço desde o seu estado original até ao cliente (Christopher, 2005). Uma típica cadeia de fornecimento consiste em três ou mais organizações ligadas por fluxos financeiros, de material e de informação. Estas organizações podem ser divididas entre fornecedor, cliente ou empresa produtora (estas nomeações variam conforme o foco/ "ponto de vista" da cadeia). Uma rede de fornecimento normalmente não irá focar o seu fluxo numa só cadeia, como é demonstrado no diagrama abaixo, tendo antes que lidar com fluxos convergentes e divergentes dentro de uma rede complexa causado pela existência de diferentes fornecedores e clientes com os quais uma organização interage simultaneamente (Hartmut, 2007).

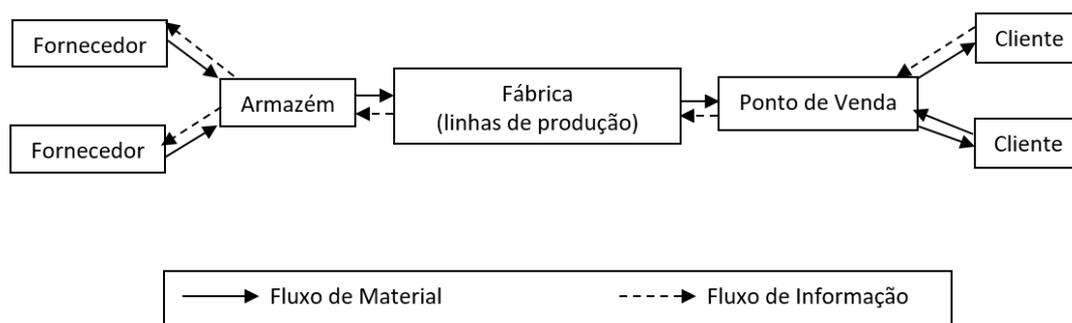


Figura 4 - Fluxo de Material e Informação dentro de uma cadeia de fornecimento

A cadeia de fornecimento, tal como as restantes áreas de uma indústria, sofreu uma transformação com a Indústria 4.0, uma preocupação particular tem sido centrada na forma como a digitalização e as capacidades de análise de dados se podem manifestar na previsão do futuro e na identificação de eventos em tempo real (Wang et al., 2016; Gunasekaran et al., 2017).

2.4.1. Cadeia de Fornecimento na Indústria 4.0

De forma a promover a circularidade e reutilização dos materiais e eliminar desperdícios, propõe-se desenvolver um conjunto de ferramentas para que as necessidades de materiais sejam constantemente atualizadas consoante a realidade da cadeia de fornecimento. O desenvolvimento da solução irá abordar novos processos de controlo da cadeia, utilizando tecnologias inovadoras como *cloud computing* e *machine learning* para controlo dos fluxos e transporte de matérias.

A introdução do *Machine Learning* nas cadeias de fornecimento tem como principal objetivo descobrir padrões nos dados obtidos ao longo de toda a cadeia, permitindo elaborar algoritmos capazes de identificar quais os fatores determinantes para o sucesso desta. Este processo tem permitido revolucionar toda a indústria de produção, alcançando resultados significativos de melhoria. Neste caso, relativamente à cadeia de fornecimento, os principais fatores que geralmente tem maior impacto consistem nos níveis de stock, qualidade do fornecedor, previsão da procura, planeamento da produção e a gestão do transporte.

A implementação de tecnologias de inteligência artificial tem trazido diversos benefícios às cadeias de fornecimento e às empresas de manufatura devido à capacidade de melhorar a rapidez e eficácia de um processo, mais facilmente que um ser humano (Min, 2010; Toorajipour et al., 2021). Através da combinação de *Machine Learning*, com os sistemas de planeamento, será possível desenvolver processos inteligentes e mais rápidos, que observem continuamente os dados que são recolhidos de forma a ajustar o planeamento automaticamente de acordo com as expectativas (Ni et al., 2020). Assim sendo, será possível detetar e prevenir, com a devida antecedência, problemas que ponham em risco o bom funcionamento dos processos de produção.

A crescente dispersão geográfica aumentou a complexidade das redes da cadeia de fornecimento (Mol & Brewster, 2014). A fim de se manterem competitivas neste ambiente globalizado, as organizações precisam de alocar os seus recursos às TI para promover tanto a partilha de informação entre parceiros da cadeia de fornecimento como um ambiente conducente a um melhor desempenho da cadeia de fornecimento (Cao et al., 2017).

A computação em *cloud* proporciona um *outsourcing* de *software* flexível para colaboração na cadeia de fornecimento. A gestão da cadeia de fornecimento atua sobre processos operacionais, fluxos de informação diferentes e consolidados, e processos de interação com uma variedade de partes envolvidas. Tendo em conta todos os problemas bem conhecidos dos sistemas de informação centrais, coloca-se a questão de saber se os sistemas de informação baseados na

cloud computing representam uma melhor alternativa ao estabelecimento de um suporte informático para a gestão da cadeia de fornecimento (Harshala Bhoir et al., 2014).

A computação na *cloud* (Samani et al., 2015) proporciona às empresas benefícios como o acesso a informação de inventário a pedido, bem como uma escalabilidade maciça no serviço, pagamento e privatização (Cao et al., 2017). As plataformas baseadas na *cloud* para gestão da cadeia de fornecimento ajudam as organizações a identificar previsões de procura mais precisas para todas as partes da cadeia de fornecimento, coordenando todas as diferentes entidades envolvidas, como fabricantes, fornecedores, retalhistas ou distribuidores. A integração de todas as partes permite-lhes ganhar conhecimento sobre a volatilidade real da procura. A computação em *cloud* pode ser aplicada à previsão, planeamento, fornecimento, gestão de serviços, vendas, produção e logística (Vemula & Zsifkovits, 2016). Contudo, apesar dos potenciais benefícios da gestão da cadeia de fornecimento da computação em *cloud*, tem havido relutância por parte de algumas empresas em adotá-la, principalmente devido a preocupações de segurança sobre violações de dados e a perda de dados insubstituíveis (Cao et al., 2017).

2.4.2. Manufacturing Resource Planning (MRP II)

Na atualidade, para desenvolver empresas competitivas no mercado, que sigam o conceito de sustentabilidade, é necessário que estas operem de forma eficiente, e com uma boa gestão dos recursos. O planeamento da cadeia de fornecimento é aplicado a médio e longo prazo ao longo de toda a cadeia, abrangendo os planos de produção e dos recursos logísticos para satisfazer as encomendas dos clientes. Por conseguinte, a base de planeamento de recursos é as previsões de solicitação dos clientes (*demand forecast*) (Wenzel et al., 2019). Esta é uma área onde são definidas as necessidades de materiais necessários para dar início a ordens de fabrico, e que levam a processos de compra e otimização de stock. Desta forma, para as organizações alcançarem os seus objetivos e melhorarem a produtividade, diversas empresas têm adotado sistemas MRP II.

Os primeiros sistemas MRP (*Material Requirement Planning*) implementados na produção foram utilizados para extrair informações da procura dos clientes e a lista de materiais de um determinado produto final que seria posteriormente utilizada para desenvolver um plano de compras e um calendário de produção elementar. Esta primeira versão necessitava de responder

apenas a duas questões básicas: “Que bens são necessários e em que quantidade?” (MRPeasy, n.d.).

Nos anos 60 e 70, a abordagem foi aprofundada num sistema informático integrado concebido para aumentar a produtividade empresarial através da utilização de computadores e tecnologia de *software*. Nessa altura, os benefícios da utilização do método MRP I foram considerados substanciais. Ajudou as organizações a reduzir os custos de inventário e a controlar os níveis de stock, a obter conhecimentos sobre as necessidades de entrada, e a organizar o planeamento da produção e das compras de uma forma muito mais informada (MRPeasy, n.d.).

Na década de 1980 surgiu o MRP II (*Manufacturing Resource Planning*) uma versão evoluída do sistema MRP original. O MRP II permite que uma organização optimize a aquisição, armazenamento e distribuição de todos os recursos necessários nas suas execuções de produção. Estes podem incluir matérias-primas, componentes de fornecedores, equipamento e pessoal de produção, peças sobressalentes - qualquer recurso necessário para completar a produção de um bem acabado. O MRP II tem uma capacidade de simulação para responder a perguntas sobre “o quê?” e “se?” e é composto por uma variedade de processos, cada um deles ligado entre si: planeamento empresarial, planeamento da produção (planeamento de vendas e operações), planeamento das necessidades de material, planeamento das necessidades de capacidade, e sistemas de apoio à execução de capacidade e material. A produção destes sistemas é integrada com relatórios financeiros tais como o plano de negócios, relatório de compromisso de compra, orçamento de expedição, e projeções de inventário em dólares (SIEMENS, n.d.).

Contrariamente ao MRP que utiliza dados de stock juntamente com dados de ordem de produção e lista de materiais (BOM – *Bill of Materials*) para calcular a quantidade e o tempo de compra de matéria prima, o MRP II calcula e atualiza as necessidades de material com base em encomendas reais e previsões de encomendas. Um sistema MRP II recebe entradas de uma série de fontes como vendas, aquisições, inventário e produção. Estas entradas incluem lista técnica, roteiros, encomendas de clientes, registos de inventário, previsões de procura, relatórios de chão de fábrica, etc. e, devido a isto, os resultados são muito mais extensos, sofisticados e precisos. O sistema de MRP II também pode ser utilizado para acomodar mudanças na oferta ou na procura (Olhager & Selldin, 2003).

O MRP II otimiza o tempo de aquisição de material, minimiza o stock estagnado, bem como o pessoal ocioso ou o equipamento de produção, e reduz os custos associados ao

fornecimento excessivo e insuficiente dos recursos necessários. Outros benefícios adicionais são a redução dos custos de gestão de stock, redução da deterioração e o desperdício de material, minimização do tempo ocioso da linha de produção, diminuição dos custos de produção e melhoria da pontualidade da entrega (Olhager & Selldin, 2003).

Em suma, os sistemas MRP II são utilizados por diversas empresas de produção, sendo soluções autónomas para a gestão do planeamento dos processos de produção e para suportar o processo de tomada de decisão das organizações, com base em dados reais e úteis em diversas atividades, como a gestão de stock, onde este processo é simplificado devido à implementação do *software*, sendo possível, alcançar um elevado nível de controlo da movimentação de stock e rigor no controlo de custos de aprovisionamento devido à digitalização da informação. Relativamente ao processo de produção, facilita o cálculo dos materiais necessários com elevada rapidez e precisão, agiliza o planeamento da produção, através das reservas de stock, da capacidade de acompanhar a performance no chão de fábrica minimizando os tempos de preparação e espera, sendo estes fatores determinantes para o aumento da produtividade da organização. Para além disso, um sistema MRP II é capaz de processar outro tipo de dados, relacionados com os recursos humanos, recursos financeiros, parâmetros para o controlo de qualidade, entre outros, providenciando às organizações um conjunto de funcionalidades, permitindo às mesmas, melhorarem os seus processos no âmbito da manufatura (SIEMENS, n.d.).

2.4.3. Modelos De Referência Da Cadeia Fornecimento

Os avanços tecnológicos em campos como a computação, sensores, digitalização e mudanças no mercado e cadeias de valor trouxeram novos desafios para a produção industrial. Por conseguinte, há uma necessidade do aumento da flexibilidade, autonomia e adaptabilidade dos sistemas industriais e a sua interligação a todos os outros recursos. A fim de apoiar a manufatura no contexto da indústria 4.0, a adoção de modelos de referência é crucial, a fim de permitir a ligação digital entre todas as operações de fabrico. Torna-se, portanto, essencial analisar e compreender o conceito de modelos de referência (Monteiro et al., 2018).

Um modelo referência pode ser visto como uma *guideline* genérica que ilustra uma abstração das necessidades específicas e das tecnologias (Jeschke et al., 2017). Apesar de cada modelo ser

único é possível identificar pontos em comum entre eles. Por exemplo, qualquer modelo de referência foca-se na conectividade e comunicação. Isto pode envolver conectividade um-a-um (*unicast*) ou recolha de dados e divulgação de informação a múltiplos parceiros (*multicast* e *anycast*). Outra temática sempre presente é a gestão de dispositivos, pois um bom modelo de referência deve fornecer soluções para quando se pretende adicionar um dispositivo ou quando a configuração de um muda e deve ser propagada a outros dispositivos. A recolha e análise de dados é também um fator relevante visto que possibilita a extração de informação e conhecimentos que podem ser aplicados para a oferta de serviços. Adicionalmente a escalabilidade também se revelou um aspeto destaque pois informa como a organização deve reagir com o aumento dos volumes de processamento para diferentes tamanhos de instalação. Por fim outro ponto relevante é a segurança, as características de segurança são necessárias para proporcionar confiança e privacidade (Jeschke et al., 2017).

SCOR Model

O modelo *Supply Chain Operations Reference* (SCOR) foi desenvolvido pelo *Supply Chain Council* (SCC) em 1996, esta é uma corporação global independente, sem fins lucrativos, com adesão aberta a todas as empresas e organizações interessadas em aplicar e melhorar o estado da arte em sistemas e práticas da gestão da cadeia de fornecimento. Atualmente, o SCC já publicou doze versões do modelo SCOR até ao momento, sendo que neste documento será utilizada a mais recente (no momento de escrita). SCOR é um modelo de referência para a gestão da cadeia de fornecimento que permite aos utilizadores compreender os processos envolvidos numa organização empresarial e identificar as características vitais que levam à satisfação do cliente, para tal fornece um conjunto abrangente de ferramentas que liga os processos empresariais a métricas, melhores práticas e tecnologia, inclui também interações com os clientes, transações físicas, e interações de mercado (Stephens, 2001; Zhou et al., 2011; Ntabe et al., 2015).

ESTRUTURA

O SCOR é um modelo de referência para cadeias de fornecimento. O objetivo de um modelo de referência de processos, ou enquadramento de processos empresariais, é descrever a

sua arquitetura de processos de uma forma que faça sentido para os principais parceiros empresariais. Arquitetura aqui significa a forma como os processos interagem, como funcionam, como são configurados e os requisitos (competências) do pessoal que opera o processo. De modo a cobrir todos estes tópicos o modelo de referência SCOR é dividido em 4 secções principais:

- **Processos:** Descrições padrão de processos de gestão e relações de processo
- **Desempenho:** Métricas padrão para descrever o desempenho do processo e definir objetivos estratégicos
- **Práticas:** Práticas de gestão que produzem um melhor desempenho significativo do processo
- **Pessoas:** Definições-padrão de competências necessárias para executar processos da cadeia de fornecimento.

O modelo é concebido e mantido para apoiar cadeias de fornecimento de várias complexidades e através de múltiplas indústrias. Para tal o modelo concentra-se em três níveis de processo e não tenta prescrever como uma determinada organização deve conduzir os seus negócios ou adaptar os seus sistemas ou fluxo de informação. Cada organização que implemente melhorias na cadeia de fornecimento utilizando o modelo SCOR terá de alargar o modelo, pelo menos ao nível 4, utilizando processos, sistemas e práticas específicas da indústria, organização e/ou localização. O detalhe em que os Processos, Desempenho, Práticas e Pessoas são explorados aumenta gradualmente conforme o nível (Zhou et al., 2011).

Nível	Descrição	Esquema	Comentários
1	Processos Centrais		Define o âmbito, conteúdo e objetivos de desempenho da cadeia de abastecimento
2	Categorias de Processos		Define a estratégia de operações e as capacidades de cada processo.
3	Elementos de Processo		Define a configuração individual de cada processo. Foca nos inputs/outputs dos processos, na performance e melhores práticas.
4	Nível de Implementação		Define a implementação de praticas específicas da empresa

Figura 5 - Níveis de SCOR. Adaptado de (Zhou et al., 2011)

O primeiro nível fornece uma definição geral dos processos centrais de gestão e das métricas e medidas correspondentes, e é o ponto em que uma empresa estabelece os seus objetivos competitivos da cadeia de fornecimento.

O segundo nível define 26 categorias de processos centrais que são possíveis componentes de uma cadeia de fornecimento. Os processos do plano são divididos por "ponto focal" (por exemplo, fonte do plano, planejar fazer o plano). A fonte básica faz, entrega e retorno tem variantes como fazer para estocar, fazer para encomendar e engendrar para encomendar. Uma empresa pode configurar tanto a sua cadeia de fornecimento real como a ideal, selecionando a partir destes processos centrais. Cada um destes elementos do processo de nível dois é mais detalhado no nível três do modelo.

O terceiro nível fornece a uma empresa a informação de que necessita para planear e estabelecer com sucesso objetivos para as suas melhorias na cadeia de fornecimento através de informação detalhada dos elementos do processo para cada categoria de nível dois. Os elementos de planeamento incluem definições de elementos de processo, métricas de diagnóstico, parâmetros de referência, melhores práticas e capacidades de software do sistema para permitir as melhores práticas.

O SCOR define o seu âmbito apenas até aos processos de nível 3, contudo, as empresas que desejem implementar o modelo devem levá-lo mais abaixo no nível de detalhe. O nível quatro concentra-se na implementação, quando as empresas colocam em jogo melhorias específicas da cadeia de fornecimento, ele representa as tarefas associadas a um elemento do processo. Estas tarefas dependem da empresa individual ou da indústria. Este nível de detalhe é necessário para efeitos de implementação (Stewart, 1997; Kasi, 2005).

PROCESSOS

Os processos da cadeia de fornecimento no SCOR são divididos em 6 grupos principais (que se repetem ao longo da cadeia, como se vê na figura 8) (Supply chain operations council, 2017):

SCOR Process



Figura 6 - Processos de SCOR. Retirado de (Supply Chain Council, 2017)

Plano: Os processos de planeamento abrangem a determinação de recursos, requisitos e o estabelecimento da cadeia de comunicação de um processo para assegurar o seu alinhamento com os objetivos empresariais. Isto inclui o desenvolvimento das melhores práticas para a eficiência da cadeia de fornecimento, enquanto se considera transporte, bens, inventário e outros elementos necessários à gestão da cadeia de fornecimento.

Fonte: Os processos de fonte (de material) envolvem a obtenção de bens e serviços para satisfazer quer a procura planeada quer a procura real do mercado. Isto inclui a compra, receção e o fornecimento de material recebido e acordos de fornecimento.

Fazer: Esta fase inclui os processos de produção até se obter um produto semi-acabado ou acabado pronto para o mercado de modo a satisfazer a procura planeada ou real.

Entregar: Quaisquer processos envolvidos na entrega de produtos e serviços acabados, incluindo a gestão de encomendas, transporte e distribuição.

Devolução: Os processos de devolução estão envolvidos na devolução ou receção de produtos devolvidos, quer de clientes ou fornecedores. Isto inclui os processos de apoio ao cliente após a entrega.

Habilitar: Nesta fase incluem-se os processos relacionados com o estabelecimento, manutenção e monitorização de informações, relações, recursos, bens, regras comerciais, adequação, e contratos necessários para concluir os processos da cadeia de fornecimento. Esta fase está relacionada com a Gestão de Alto Nível, Finanças, Recursos Humanos, Gestão de Instalações, Gestão de Produtos e Processos de Venda e Apoio.

DESEMPENHO

A secção de desempenho do SCOR centra-se na compreensão dos resultados da cadeia de fornecimento e é constituída por dois tipos de elementos: Atributos de Desempenho e Métricas. Um atributo de desempenho é um agrupamento ou categorização de métricas utilizadas para expressar uma estratégia específica. Um atributo em si não pode ser medido; é utilizado para definir uma direção estratégica. O SCOR reconhece 5 atributos de desempenho:

Fiabilidade: A capacidade de executar tarefas como esperado. A fiabilidade centra-se na previsibilidade do resultado de um processo. As métricas típicas para o atributo da fiabilidade incluem: cumprir os prazos esperados, entregar a quantidade esperada, os produtos terem a qualidade esperada.

Capacidade de resposta: A rapidez com que as tarefas são executadas. A velocidade a que uma cadeia de fornecimento fornece produtos ao cliente. Exemplos incluem: métricas de tempo de ciclo.

Agilidade: A capacidade de responder a influências externas, a capacidade de responder a mudanças no mercado para ganhar ou manter vantagem competitiva. As métricas de agilidade de SCOR incluem Flexibilidade e Adaptabilidade

Custo: O custo de operar os processos da cadeia de fornecimento. Isto inclui custos de mão-de-obra, custos de material, gestão e custos de transporte. Uma métrica de custo típica é o Custo dos Produtos Vendidos.

Eficiência da Gestão de Ativos: A capacidade de utilizar eficazmente os ativos. As estratégias de gestão de ativos numa cadeia de fornecimento incluem a redução de inventários e o *in-sourcing* vs. *outsourcing*. As métricas incluem: Dias de inventário de fornecimento e utilização da capacidade.

Fiabilidade, Capacidade de Resposta e Agilidade são atributos centrados no cliente, enquanto que Custos e a Eficiência na Gestão Ativos são centrados na própria organização. Todas as métricas SCOR são agrupadas dentro de um dos atributos de desempenho. Uma métrica é um padrão para medir o desempenho de uma cadeia ou processo de fornecimento, no modelo SCOR estas são usadas como forma de "diagnóstico" e são divididas em três níveis (com métricas pré-definidas em cada):

- **Nível 1:** As métricas de nível 1 são diagnósticos para a saúde global da cadeia de fornecimento. Estas métricas são também conhecidas como métricas estratégicas e indicadores-chave de desempenho (*Key Performance Indicators* - KPI). As métricas de *benchmarking* de nível 1 ajudam a estabelecer objetivos realistas para apoiar decisões estratégicas.

- **Nível 2:** As métricas de nível 2 servem de diagnóstico para as métricas de nível 1. Esta relação de diagnóstico permite que se identifique a causa (ou causas) de uma falha de desempenho presente numa métrica de nível 1.

- **Nível 3:** As métricas de nível 3 servem de diagnóstico para as métricas de nível 2. A análise do desempenho da métrica de nível 1 até 3 é referida como decomposição da métrica, diagnóstico de desempenho ou análise da causa raiz da métrica. A decomposição da métrica é um primeiro passo na identificação dos processos que necessitam de investigação adicional. (Os processos estão ligados às métricas de nível 1, nível 2 e nível 3).

PRÁTICAS

A secção de práticas do modelo SCOR fornece uma coleção de práticas que as empresas reconheceram pelo seu valor. Uma prática é uma forma única de configurar um processo ou um conjunto de processos, esta pode estar relacionada com a automatização do processo, tecnologias

aplicadas no processo, competências especiais aplicadas ao processo, uma sequência única para executar o processo, ou um método único para distribuir e ligar processos entre organizações. SCOR reconhece que existem várias maneiras diferentes de classificar as práticas dentro de qualquer organização:

- Práticas emergentes
- Melhores práticas
- Práticas padrão
- Práticas em decadência

O modelo SCOR reconhece que a qualificação de uma prática pode variar consoante a indústria ou a localização da organização, para algumas indústrias uma prática pode ser padrão, enquanto que a mesma pode ser considerada como emergente ou "Melhor Prática" noutra indústria. No entanto a classificação de práticas SCOR foi estabelecida com base na contribuição de profissionais e peritos de uma gama diversificada de indústrias. Todas as práticas têm ligações a um ou mais processos, a uma ou mais métricas e, quando disponíveis, a uma ou mais competências. As práticas SCOR são classificadas para simplificar a identificação de práticas por área de interesse por exemplo: gestão de inventários, introdução de novos produtos, gestão de informação, gestão de risco, compra de material, etc.

PESSOAS

A secção de "Pessoas" no SCOR foi introduzida na versão 10 e fornece um padrão para descrever as competências necessárias para executar tarefas e gerir processos. Geralmente estas aptidões são específicas da cadeia de fornecimento. Algumas competências identificadas podem ser aplicáveis fora do domínio dos processos da cadeia de fornecimento. O SCOR reconhece 5 níveis de competência comumente aceites:

- **Novato (*Novice*):** Novato sem formação, sem experiência, requer e segue documentação detalhada
- **Principiante (*Beginner*):** Consegue realizar o trabalho mas tem uma perceção situacional limitada.

- **Competente (*Competent*)**: Compreende o trabalho e pode determinar prioridades para atingir objetivos.
- **Proficiente (*Proficient*)**: Supervisiona todos os aspetos do trabalho e pode estabelecer prioridades com base em aspetos situacionais.
- **Perito (*Expert*)**: Possui uma compreensão intuitiva. Os peritos podem aplicar conhecimento obtido através de experiência a novas situações.

Estes níveis de competência são utilizados de forma semelhante como níveis de maturidade de processos ou práticas. A especificação da pessoa ou do trabalho é avaliada no nível de competência encontrado (pessoa) ou desejado (especificação do trabalho).

2.5. Conclusões

A nova era industrial levou a grandes avanços na indústria introduzindo tecnologias emergentes como a IoT, *Machine Learning*, Computação *Cloud*. Esta evolução foi sentida em todos os setores da indústria incluindo, portanto, na cadeia de fornecimento onde houve um foco particular com a digitalização dos processos. A boa gestão dos processos da cadeia de fornecimento provou-se como um ponto fulcral para o sucesso de uma organização visto que esta proporciona o fluxo de material ou serviços tanto a jusante como a montante da empresa. Uma das tecnologias emergentes que está a impactar a cadeia de fornecimento é *Machine Learning*, esta tem como principal benefício a descoberta de padrões nos dados obtidos e assim ser capaz de detetar e prever anomalias. Outra tecnologia introduzida na cadeia de fornecimento na indústria 4.0 foi computação *Cloud* que veio trazer um maior e mais fácil acesso à informação e permite uma estabilidade maciça dos serviços e dos dados gerados. Combinado com a tecnologia de *Machine Learning* garante um acesso a uma grande quantidade de dados, o que por sua vez que permite que esta melhore os seus algoritmos de previsões e otimizações. Estas previsões e otimizações aplicadas ao planeamento de necessidades da cadeia de fornecimento surgiram com os sistemas de MRP II que são capazes que calcular e atualizar as necessidades de material com base em encomendas reais e previsões de encomendas tendo como principais *outputs* um plano de compras (*purchase plan*) e o plano de procura (*demand plan*).

De modo a garantir que a plataforma informática não só engloba as tecnologias necessárias, mas que também proporciona o suporte pretendido foi necessário analisar que processos é que estão presentes na cadeia de fornecimento. Foi, portanto, estudado o modelo de referência para processos da cadeia de abastecimento SCOR onde foi possível dividir todos os procedimentos em 3 níveis de detalhe.

O atual documento pretende apresentar uma arquitetura lógica de uma plataforma informática que irá suportar os processos da cadeia de abastecimento apresentados pelo SCOR e que assegurar incorporação de necessidades específicas relativas ao desenvolvimento tecnológico (como computação *cloud* e *Machine Learning*).

3. Recolha dos Requisitos relativos à Plataforma Informática

3.1. Introdução

De modo a obter-se uma arquitetura lógica da plataforma é necessário primeiro analisar quais os requisitos desta, e os casos de uso deles derivados. Nesta secção vai-se apresentar quais os atores que irão interagir com o sistema bem como as necessidades identificadas pelas diferentes entidades envolvidas. Após a recolha dos requisitos é então possível desenvolver os casos de uso da plataforma informática. Por fim, de modo a garantir que a plataforma cobra todos os processos essenciais da cadeia de fornecimento, mostra-se necessário verificar se os casos de uso estão alinhados com os processos do modelo SCOR.

3.2. Atores da Plataforma Informática

Neste ponto são apresentados os atores identificados para este projeto numa tabela de modo a permitir uma melhor visão de quem interage com a plataforma da Produtech4SC. É possível dividir os atores em duas categorias: os atores da solução aplicacional e os atores da solução *cloud*. O primeiro tipo representa os diversos intervenientes, humanos e máquinas, que interagem na solução aplicacional proposta. Os seus requisitos dizem respeito à lógica de negocio das soluções relacionadas com a cadeia de fornecimento e planeamento. Por outro lado, os atores da solução *cloud* engloba os fornecedores e consumidores de serviços *cloud*. Consoante a forma de instanciação dos diversos micro-serviços aplicacionais, estes são responsáveis pela gestão e configuração da infraestrutura que suporta a aplicação. De seguida descrevemos mais pormenorizadamente o papel de cada ator na tabela 1 e 2.

Tabela 1 - Atores da solução aplicacional

Ator da solução aplicacional	Descrição
<i>Private Cloud SaaS (Software as a Service)</i> Consumers (Tenant Cliente {Dep. Compras, Dep. Armazém})	Representam os clientes humanos da solução que pretendem usar as funcionalidades de otimização e previsões de compras, avaliação das suas cadeias de fornecimento, seguimento das mercadorias e consulta de potenciais fornecedores e das suas propostas.
<i>Private Cloud SaaS</i> Consumers (Super Administrador)	Ator humano responsável por gerir a parte aplicacional do sistema como gestão de utilizadores e permissões de cada.
Serviço ERP	Representa os ERPs dos clientes da solução que contém os dados necessários para efetuar as previsões, otimizações e avaliações da cadeia de fornecimento.
Serviço de Tracking	Responsável por enviar a localização do container para a <i>cloud</i> , tanto <i>indoor</i> como <i>outdoor</i> . Esta operação é realizada sempre que a localização do container é mudada.
<i>Private Cloud SaaS</i> Consumers (Tenant Fornecedor)	Representa o sistema do fornecedor que envia propostas disponíveis de fornecimento.

Tabela 2 - Atores da solução cloud

Ator da solução cloud	Descrição
<i>Public Cloud Provider</i>	Fornecedor de <i>Cloud</i> Pública, representa o fornecedor da <i>cloud</i> pública, responsável por gerir a infraestrutura tecnológica usadas pelos módulos instanciados na <i>Cloud</i> Pública
<i>Public Cloud PaaS (Plataforma as a Service) consumer</i>	Representa os fornecedores de soluções que usam serviços PaaS da <i>Cloud</i> Pública. São responsáveis por administrar e configurar as plataformas de <i>Cloud</i> Pública e aplicações usadas pela solução.
<i>Private Cloud IaaS (Infrastructure as a Service) provider</i>	Fornecedor de <i>Cloud</i> Privada, representa o fornecedor da <i>Cloud</i> Privada, nomeadamente da Infraestrutura adquirida no modelo <i>Infrastructure as a Service</i> . Responsável pela gestão da infraestrutura de hardware.
<i>Private Cloud IaaS consumer</i>	Representa os fornecedores de soluções que usam serviços IaaS da <i>cloud</i> privada. São responsáveis por administrar e configurar a infraestrutura de <i>cloud</i> privada, plataformas e aplicações usadas na solução.

Devido às especificações tecnológicas que as entidades desenvolvedoras apresentaram é necessário que existem *providers* e *consumers* de *cloud* privada e pública. A entidade que irá utilizar a *cloud* privada será responsável por fornecer toda a infraestrutura necessária, daí os atores ligados à solução de cloud privada serem serviços IaaS. Ou seja, a organização será responsável por comprar, instalar, configurar e gerir o software, incluindo sistemas operativos, middleware e aplicações. Por outro lado, a organização que irá utilizar a cloud pública optou por serviços de PaaS. Assim não terá de se preocupar com a infraestrutura que será de responsabilidade do fornecedor de serviço cloud, e apenas terá que gerir as aplicações e os serviços que desenvolve.

A equipa responsável pelo desenvolvimento de funcionalidades de previsão e otimização utiliza tecnologias de cloud privada, no entanto as restantes operações estão ao encargo da equipa que optou pela utilização de cloud pública.

3.3. Requisitos Funcionais da Plataforma Informática

Neste ponto serão descritos os requisitos funcionais do sistema. Para cada requisito, é atribuída uma prioridade, de acordo com a técnica de agrupamento que consiste na atribuição de diferentes grupos aos requisitos. O método utilizado é o **MoSCoW**, que sugere quatro grupos:

- **Must**: requisito que deve ser considerado;
- **Should**: requisito a ter em conta;
- **Could**: requisito desejável, mas não exigido;
- **Won't**: um requisito que poderá ser considerado no futuro.

A seguinte tabela contém os requisitos funcionais e as respetivas prioridades. Esta estrutura é seguida para apresentar requisitos mais compactos e facilitar a discussão e a elucidação.

Tabela 3 - Lista de Requisitos Funcionais

ID	Requisito	Prioridades
R1	Ver Previsões	_____
R1.1	Pedir Previsões	Should
R1.2	Consultar previsões	Should
R2	Ver Otimizações	_____
R2.1	Pedir otimizações	Must
R2.2	Consultar otimizações	Must
R3	Gerir Previsões	_____
R3.1	Comunicar Dados para Previsões	<u>Should</u>
R3.2	Armazenar dados ERP	Should
R3.3	Executar Previsões	Should

R4	Gerir otimizações	_____
R4.1	Comunicar Dados para Otimizações	Must
R4.2	Armazenar dados ERP	Must
R4.3	Executar otimizações	Must
R5	Gerir localização da mercadoria	_____
R5.1	Registo de <i>containers</i>	Must
R5.2	Registar locais	Must
R5.3	Registar veículos	Must
R5.4	Enviar posição <i>indoor</i> do <i>container</i>	Must
R5.5	Enviar posição <i>outdoor</i> do <i>container</i>	Must
R5.6	Consultar lista de <i>containers</i> com indicação da última posição	Must
R5.7	Consultar histórico de movimentos e posições de um <i>container</i>	Must
R6	Gerir Compras	_____
R6.1	Enviar propostas de fornecimento	Must
R6.2	Consultar propostas de fornecimento	Must
R6.3	Enviar proposta escolhida	Must
R6.4	Receber proposta escolhida	Must
R7	Avaliar cadeia de fornecimento	_____
R7.1	Calcular ciclo de produção e testagem	Should
R7.2	Calcular lead time de cada fornecedor	Should
R7.3	Calcular stock em dias	Should

R7.4	Calcular stock em Euros	Should
R8	Gerir serviços de interoperabilidade	_____
R8.1	Criar serviços de interoperabilidade	Must
R8.2	Consultar serviços de interoperabilidade	Must
R8.3	Atualizar serviços de interoperabilidade	Must
R9	Gerir <i>tenants</i>	_____
R9.1	Criar <i>tenants</i>	Must
R9.2	Consultar <i>tenants</i>	Must
R9.3	Atualizar <i>tenants</i>	Must
R10	Gerir utilizadores	_____
R10.1	Criar utilizadores	Must
R10.2	Consultar utilizadores	Must
R10.3	Atualizar utilizadores	Must
R11	Gerir autorizações	_____
R11.1	Gerir permissões	Must
R11.2	Recuperar conta	Must
R11.3	Autenticação de conta	Must
R12	Gestão de suporte de contas (<i>cloud</i> pública)	Must
R13	Gestão de aprovisionamento de configuração de serviços (<i>cloud</i> pública)	Must
R14	Gestão de portabilidade de interoperabilidade (<i>cloud</i> pública)	Must

R15	Gestão de segurança e privacidade (<i>cloud</i> pública)	Must
R16	Gestão de suporte de contas (<i>clou</i> privada)	Must
R17	Gestão de aprovisionamento de configuração de serviços (<i>cloud</i> privada)	Must
R18	Gestão de portabilidade de interoperabilidade (<i>cloud</i> privada)	Must
R19	Gestão de segurança e privacidade (<i>cloud</i> privada)	Must

A presente lista de requisitos foi recolhida após diversas reuniões com todas as partes envolvidas, tanto as entidades desenvolvedoras como as utilizadoras finais. Tal como anteriormente, também os requisitos podem ser divididos em duas categorias: requisitos da solução aplicacional (R1 – R11) e requisitos da solução *cloud* (R12 – R19). Dentro deste segundo grupo também se consegue ver uma clara divisão entre requisitos de *cloud* pública e privada. Isto deve-se a decisões de design feitas por parte das entidades envolvidas, visto que o desenvolvimento no produto final será repartido entre duas empresas e uma delas optou por utilização de tecnologias de *cloud* privada e outra pública. Esta divisão está mais evidenciada nos casos de uso.

3.4. Sistematização dos Caso de Uso

De modo a representar os requisitos da plataforma a ser desenvolvida, foram utilizados diagramas de caso de uso UML. A Figura 7 apresenta o Diagrama de Casos de Uso para o nível mais alto de abstração - Nível 0.

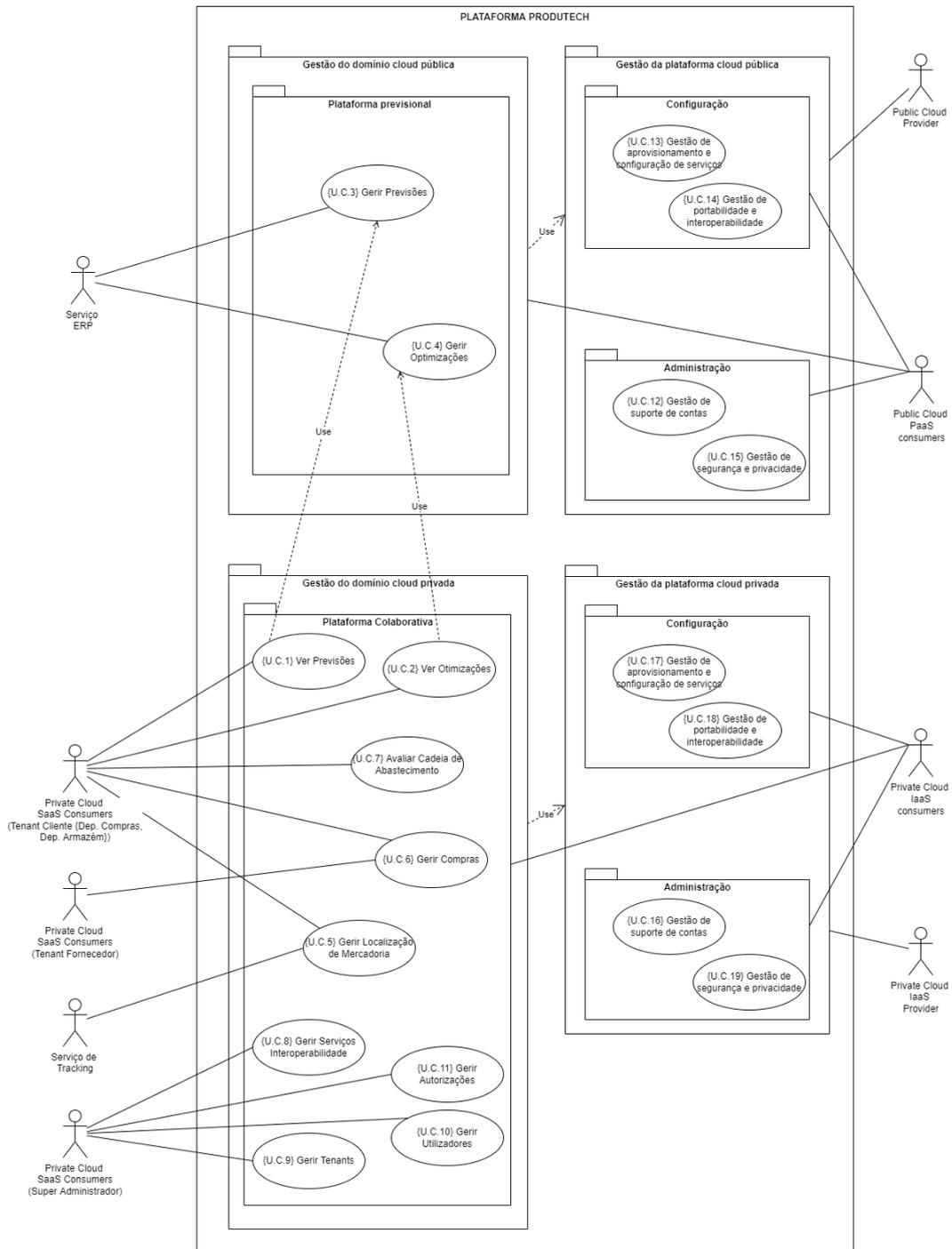


Figura 7 - Diagrama de caso de uso nível 0

Mantendo a mesma divisão feita até ao momento os casos de uso estão separados entre a solução aplicacional e a solução *cloud*. Para além disso também se consegue agrupá-los dependendo se usam tecnologia de *cloud* pública ou privada. Estes casos de uso permitem que a plataforma cumpra todos os seus objetivos principais (estabelecidos anteriormente no capítulo 1.1): **gerir localização de lotes** (caso de uso {U.C.5} Gerir localização de Mercadoria), **executar previsões e otimizações** (casos de uso {U.C.1} Ver previsões; {U.C.2} Ver otimizações; {U.C.3} Gerir previsões e {U.C.4} Gerir otimizações) e **gerir propostas de fornecimento** (caso de uso {U.C.6} Gerir compras).

Os restantes casos de uso mostram-se também necessários para gestão da plataforma por parte do administrador (e.g.: {U.C.10} Gerir utilizadores, {U.C.11} Gerir autorizações), ou utilização das tecnologias escolhidas (e.g.: {U.C.14} Gestão de portabilidade e interoperabilidade, {U.C.15} Gestão de segurança e privacidade). Outro caso de uso que se mostrou necessário para que a plataforma pudesse dar o suporte necessário nos processos da cadeia de fornecimento é o {U.C.7} Avaliar a cadeia de abastecimento, onde são aplicadas métricas SCOR para avaliar a performance da cadeia. Os casos de uso são explorados em maior detalhe no anexo.

Casos de Uso e SCOR

O projeto no qual a presente dissertação está inserida foca-se principalmente na parte de planeamento da cadeia de fornecimento, ou seja, no planeamento de encomendas, vendas, gestão de produção e gestão de fornecedores. Traduzindo estas necessidades para o modelo SCOR significa que o projeto pretende, maioritariamente, englobar os processos de “Plano de Fornecimento” e “Plano de Entrega”, bem como o processo de “Fornecimento”. É assim possível fazer uma associação entre estes processos de SCOR e os casos de uso. Há, no entanto, alguns processos que não estão diretamente representados nos diagramas de casos de uso, mas que estão presentes no ERP da empresa, como por exemplo o registo de receção de matérias prima.

Assim sendo foi elaborada uma tabela para melhor se perceber esta ligação, onde se pode ver os processos SCOR de terceiro nível (o mais detalhado) e os casos de uso ou registo associado.

Tabela 4 - Associação entre SCOR- Plan Source, Casos de Uso e Dados do ERP

Processos SCOR	Caso de Uso	Registo no ERP
sP2.1: Identify, Prioritize and Aggregate Product Requirements	{U.C.6.2} Consultar propostas de fornecimento	Lista de fornecedores (incluí: nº de fornecedor, categoria) Lista de Produtos e constituintes
sP2.2: Identify, Assess and Aggregate Product Resources		Stock Mensal Consumo
sP2.3: Balance Product Resources with Product Requirements	{U.C.2.2.1} Consultar	
sP2.4: Establish Sourcing Plans	otimização de <i>Purchase Plan</i>	

Os processos de planeamento de fornecimento começam pela identificação de todas as fontes de fornecimento possíveis (sP2.1), para tal é necessário consultar os constituintes de cada produto (esta informação é registada internamente na empresa) e listar todos os fornecedores, tanto os já registados na empresa (*{U.C.3.1.11}-Comunicar lista de fornecedores*) como outras possíveis fontes (*{U.C.6.2} Consultar propostas de fornecimento*).

De seguida é necessário analisar quais os recursos disponíveis (sP2.2). Neste ponto só se analisa os recursos em termos de material disponível, ou seja, qual o stock atual da empresa. A organização alvo atualiza o registo de stock mensalmente então é necessário olhar também para os dados de consumo de matéria prima.

Por fim é necessário ver a diferença entre os requisitos e os recursos (sP2.3) de modo a estabelecer um plano de fornecimento (sP2.4), na plataforma a ser desenvolvida estes passos são realizados quando se consulta o plano de compras (*{U.C.2.2.1}-Consultar otimização de Purchase Plan*).

Tabela 5 - Associação entre SCOR- Plan Deliver, Casos de Uso e Dados do ERP

Processos SCOR	Caso de Uso	Registo no ERP
sP4.1: Identify, Prioritize and Aggregate Delivery Requirements	{U.C.1.1.1} Pedir previsão de Encomendas Cliente	Lista de vendas (inclui: id do cliente, nome do cliente, n° de compra, material, quantidade, descrição, data de documento, data de entrega)
sP4.2: Identify, Assess and Aggregate Delivery Resources	{U.C.5.6} Consultar Lista containers com indicação da ultima posição {U.C.5.3.4} Consultar veículos	
sP4.3: Balance Delivery Resources and Capabilities with Delivery Requirements	{U.C.1.2.3} Consultar previsão de Data de Entrega	
sP4.4: Establish Delivery Plans		

O primeiro processo de terceiro nível do plano de entrega (sP4.1) passa por mais uma vez identificar todas entidades que requerem o serviço de entrega (i.e. clientes), para tal é necessário consultar a lista de clientes e respetivas encomendas (*{U.C.3.1.12} Comunicar lista de cliente; {U.C.3.1.1} Comunicar encomendas de clientes e prazos de entrega*) bem como considerar as possíveis encomendas futuras (*{U.C.1.1.1} Pedir previsão de Encomendas Cliente*). De seguida (sP4.2) é necessário analisar quais os recursos disponíveis para realizar entregas (*{U.C.5.6} Consultar Lista containers com indicação da ultima posição; {U.C.5.3.4} Consultar veículos*).

Os últimos processos (sP4.3 e sP4.4) analisam as necessidades e os recursos e estabelecem um plano de entregas (*{U.C.1.2.3} Consultar previsão de Data de Entrega*).

Tabela 6 - Associação entre SCOR- Source, Casos de Uso e Dados do ERP

Processos SCOR	Caso de Uso	Registo no ERP
sS3.1: Identify Sources of Supply	{U.C.6.2} Consultar propostas de fornecimento	
sS3.2: Select Final Supplier and Negotiate	{U.C.6.3} Enviar proposta escolhida {U.C.6.4} Receber proposta escolhida	
sS1.1/sS2.1/sS3.3: Schedule Product Deliveries	{U.C.1.2.5} Consultar previsão de Data de Receção de Encomenda	Lista de compras (inclui: encomendas, fornecedor, data de encomenda, data de receção, estado do produto)
sS1.2/sS2.2/sS3.4: Receive Product		
sS1.3/sS2.3/sS3.5: Verify Product		
sS1.4/S2.4/sS3.6: Transfer Product	{U.C.5.1.5} Registrar produtos do container	
sS1.5/sS2.5/sS3.7.: Authorize Supplier Payment		Não aplicável

A organização onde a plataforma vai ser aplicada tem três técnicas de produção: *Make-To-Stock* (MTS), *Make-to-Order* (MTO) e *Assemble-to-Order* (ATO). O modelo SCOR não abrange este último tipo de produção, no entanto os processos de fornecimento de uma produção *Assemble-to-Order* assemelham-se aos identificados no modelo de referência para fornecimento de produção *Engineer-To-Order* (sS3). Ou seja, existe uma necessidade de identificar as possíveis fontes de fornecimento ({U.C.6.2}-*Consultar propostas de fornecimento*) e de escolher uma ({U.C.6.3} - *Enviar proposta escolhida*; {U.C.6.4} *Receber proposta escolhida*).

O primeiro passo nos outros tipos de produção (sS1.1; sS2.1 e sS3.3) referido no modelo de referência é o agendamento da receção da encomenda feita ao fornecedor ({U.C.1.2.5}-

Consultar previsão de Data de Recepção de Encomenda); assim que esta chega à empresa a data (sS1.2; sS2.2 e sS3.4) e o seu estado são registados internamente (sS1.3; sS2.3 e sS3.5). De seguida o material recebido é colocado no *container* apropriado (sS1.4; sS2.4 e sS3.6), esta transferência é regista por um funcionário do departamento de armazém no caso de uso {U.C.5.1.5}- Registrar produtos do container.

Por motivos de privacidade a organização não deu acesso a nenhuns dados financeiros, portanto qualquer processo relacionado com pagamentos (como o sS1.5; sS2.5 e sS3.7) ou preços foi excluído do âmbito do projeto.

Tabela 7a - Associação entre SCOR-Deliver, Casos de Uso e Dados do ERP

Processos SCOR	Caso de Uso	Registro no ERP
sD3.1:Obtain and Respond to RFP/RFQ		Não aplicável
sD3.2:Negotiate and Receive Contract		Não aplicável
sD3.4: Schedule Installation		Não aplicável
sD1.1/:sD2.1 Process Inquiry and Quote		Não aplicável
sD1.2/sD2.2: Receive, Enter, and Validate Order sD3.3:Enter Order, Commit Resources & Launch Program		Lista de vendas (inclui: id do cliente, nome do cliente, nº de compra, material, quantidade, descrição, data de documento, data de entrega)
sD1.3/sD2.3: Reserve Inventory and Determine Delivery Date	{U.C.1.2.3} Consultar previsão de Data de Entrega	Stock
sD1.4/sD2.4: Consolidate Orders		
sD1.5/sD2.5/sD3.5: Build Loads		
sD1.6/sD2.6/sD3.6: Route Shipments		
sD1.7/sD2.7/sD3.7: Select Carriers and Rate Shipments		Não aplicável

Tabela 7b - Associação entre SCOR- Deliver, Casos de Uso e Dados do ERP

Processos SCOR	Caso de Uso	Registo no ERP
sD1.8/sD2.8/sD3.8: Receive Product from Source or Make	{U.C.5.4} Enviar posição indoor de container	
sD1.9/sD2.9/sD3.9: Pick Product		
sD1.10/sD2.10/sD3.10: Pack Product		
sD1.11/sD2.11/sD3.11: Load Vehicle & Generate Shipping Docs		
sD1.12/sD2.12/sD3.12: Ship Product	{U.C.5.5} Enviar posição outdoor de container	
sD1.13/sD2.13/sD3.13: Receive and Verify Product by Customer		Lista de vendas (incluí: id do cliente, nome do cliente, n° de compra, material, quantidade, descrição, data de documento, data de entrega)
sD1.14/sD2.14/sD3.14: Install Product		Não aplicável
sD1.15/sD2.15/sD3.15: Invoice		Não aplicável

O processo de entrega abrange os passos necessário para fazer com que um produto chegue corretamente ao seu destino, a organização alvo deste estudo não trabalha com retalhistas, portanto os processos de *sD4- Deliver Retail Product* não se aplicam. Além disso, mais uma vez se pode aplicar os processos destinados à entrega de produtos *Engineer-to-Order* representados no SCOR nos produtos ATO que a organização pratica.

O primeiro processo passa por receber um pedido de proposta ou pedido de orçamento, avaliar o pedido (desenvolver estimativas de custos, estabelecer o preço), e responder ao potencial cliente (sD3.1); concluído este passo é estabelecido um contrato com o cliente (sD3.2). Estes processos lidam com dados sensíveis da empresa e, tal como mencionado anteriormente, não foi concedido o acesso a este tipo de informação, por esse motivo estes processos não estão refletidos no sistema a ser desenvolvido. Pelo mesmo motivo também não há nenhuma correspondência para os processos *sD1.1/sD2.1 - Process Inquiry and Quote*; *sD1.15/sD2.15/sD3.15 - Invoice*. De seguida o modelo SCOR apresenta o processo de agendar a instalação do produto final, como neste caso se trata de uma indústria de embalagens não há necessidade de qualquer tipo de instalação, tornando assim os processos *sD3.4: Schedule Installation* e *sD1.14/sD2.14/sD3.14: Install Product* obsoletos.

O passo seguinte passa pela inserção do pedido do cliente no sistema (sD1.2/sD2.2/sD3.3), este processo é feito manualmente por um funcionário da organização que regista a venda no ERP. A estimativa do prazo de entrega do pedido pode ser consultada no caso de uso {U.C.1.2.3}-Consultar previsão de Data de Entrega.

É possível completar o processo *sD1.5: Build Loads* utilizando o sistema proposto onde um funcionário do armazém registará que produtos vão em cada *container* e o seu destino ({U.C.5.1.5}- *Registar produtos do container*).

A organização usada como base para desenvolvimento deste projeto tem o serviço de transporte interno, não se aplicando assim a necessidade de escolher uma transportadora (sD1.7/sD2.7/sD3.7)

Todos os movimentos de produtos dentro da empresa são registados utilizando caso de uso {U.C.5.4}- *Enviar posição indoor de container* ou o {U.C.5.1.5}- *Registar produtos do container*. Abrangendo, portanto, os processos de receber o produto (quer das linhas de produção quer dos fornecedores) (sD1.8/sD2.8/sD3.8) e carregar veículo (sD1.11/sD2.11/sD3.11). Por outro lado,

o caso de uso {U.C.5.5} - *Enviar posição outdoor de container* permite acompanhar as coordenadas GPS enquanto os produtos estão a ser transportados (sD1.12/sD2.12/sD3.12).

Os processos de SCOR de terceiro nível de Fornecimento (*Source*) por mencionar (sD1.11/ sD2.11/ sD3.11; sD1.10/ sD2.10/ sD3.10; sD1.9/ sD2.9/ sD3.9, sD1.6/ sD2.6/ sD3.6; sD1.5/ sD2.5/ sD3.5 e sD1.4/ sD2.4) não geram qualquer registo de dados dentro da organização, nem se encontram dentro dos requisitos deste projeto.

Foram, portanto, considerados 70 processos do modelo SCOR neste projeto, destes 7 não se aplicam à organização em estudo e 10 foram excluídos por motivos de privacidade de informação. Dos restantes, 17 não podem ser associados nem a informação registada internamente na empresa nem a casos de uso do sistema proposto.

3.5. Conclusões

Concluindo, tendo em conta o âmbito do problema foram analisados os processos do modelo SCOR referentes ao planeamento de fornecimento, planeamento de entregas, fornecimento e entrega. A organização alvo registava cerca de 30% destes, no entanto com a aplicação solução informática proposta esse valor passa para 68%. Para além disso, o sistema também inclui a boa pratica de rastrear os lotes de mercadorias ({U.C.5} Gerir localização de mercadoria) aconselhada pelo modelo de referência e utiliza várias das métricas por este apresentadas para avaliar a cadeia de fornecimento no caso de uso {U.C.7} Avaliar a cadeia de fornecimento.

Existem também casos de uso que não foram aqui mencionados, mas mostram-se essenciais para o bom funcionamento da plataforma. Como é o caso dos casos de uso de manutenção e gestão do sistema executados pelo administrador (e.g.:) ou os necessários para utilização da tecnologia *cloud* escolhida pelos intervenientes (eg.:)

Após a recolha e análise dos casos de uso, é possível aplicar o método 4srs sobre estes de modo a obter uma arquitetura de *software*.

4. Aplicação do 4SRS

4.1. Introdução

O processo de conceção de arquiteturas de *software* é muitas vezes uma atividade intuitiva, pouco baseada em princípios de engenharia (Machado et al., 2006). No entanto de modo a evitar este problema iremos aplicar uma abordagem de transformação arquitetural, chamada 4SRS (Machado et al., 2006), que tem como objetivo formalizar a atividade de conceção da arquitetura de sistema através de transformações baseadas em princípios. Este método utiliza os casos de uso como *input* e através de uma série de etapas transformadoras obtém uma arquitetura lógica sob a forma de diagrama de objetos. Deste modo garantimos que a arquitetura lógica final abrange todos as necessidades da plataforma informática.

Nesta secção iremos ser analisadas as diferentes etapas que constituem o método 4SRS e como é que estas foram aplicadas ao caso de estudo em questão. Por fim é apresentada a arquitetura final obtida, onde são apresentados os principais pacotes e áreas originados pela aplicação do 4SRS sob os casos de uso desenvolvidos.

4.2. Análise do Método 4SRS

A atividade mais complexa durante o desenvolvimento de sistemas de *software* é provavelmente a transformação de requisitos numa conceção arquitetónica (Machado et al., 2006). As outras fases têm também os seus desafios, mas são melhor compreendidas e têm à sua disponibilidade uma série de métodos, linguas e ferramentas. O processo de conceção de arquiteturas de *software* é, de longe, menos formalizado e é muitas vezes uma atividade intuitiva, pouco baseada em princípios de engenharia. Uma vez que a arquitetura de um sistema de *software* limita a solução espacial, as decisões tomadas durante a conceção arquitetónica devem ser tomadas com muito cuidado, uma vez que têm tipicamente um grande impacto na qualidade do sistema resultante. Surgiu assim uma abordagem de transformação arquitetónica, chamada 4SRS (four step rule set), que emprega sucessivas transformações da arquitetura de *software*, de modo a satisfazer as necessidades dos utilizadores. Baseia-se essencialmente no mapeamento de diagramas de casos de uso UML em diagramas de objetos (Machado et al., 2006).~

Os casos de uso são modelados e descritos textualmente e utilizados como entrada para o 4SRS do qual resulta uma arquitetura lógica com uma relação direta entre os casos de uso a nível do processo, assegurada pela execução do método (N. Ferreira et al., 2012). Uma arquitetura lógica pode ser encarada como uma visão de um sistema composto por um conjunto de abstrações específicas do problema que suportam os requisitos funcionais. No 4SRS a arquitetura lógica é derivada, numa perspetiva de processo ou de produto, utilizando a informação do caso de uso para criar elementos arquiteturais e as suas associações, numa abordagem devidamente alinhada (Nuno Ferreira et al., 2013).

A técnica 4SRS está organizada em quatro passos para transformar casos de uso em objetos: (1) *object creation*, (2) *object elimination*, (3) *object packaging & aggregation*, e (4) *object association*. Após a execução dos 4 passos da técnica 4SRS, obtemos a arquitetura lógica para o sistema que capta todos os seus requisitos funcionais e não funcionais (Machado et al., 2006). Um modelo de objetos mostra como as propriedades significativas de um sistema estão distribuídas pelas suas partes.

A execução das 4 etapas de transformação do 4SRS pode ser suportada em representações tabulares (Nuno Ferreira et al., 2013). A tabela para as etapas de transformação está organizada da seguinte forma: (1) cada (micro)passo dá origem a uma coluna; (2) cada objeto dá origem a uma linha (Machado et al., 2006). Além disso, a utilização de tabelas permite a conceção e construção de um conjunto de ferramentas para que as transformações possam ser parcialmente automatizadas. Estas representações tabulares constituem o principal mecanismo para automatizar um conjunto de etapas de transformação do modelo assistido por decisão (Machado et al., 2006).

A natureza iterativa da abordagem e a utilização de modelos gráficos são questões importantes para garantir que a arquitetura final reflete os requisitos do utilizador. O 4SRS tem sido utilizado tanto no meio académico como na indústria desde linhas de produto (Bragança & Machado, 2005; Bragança & Machado, 2009) a aplicações de *e-government* (N. Ferreira et al., 2012).

De seguida analisamos cada passo que compõe este método:

Passo 1 – *Object Creation*

Neste passo cada caso de uso deve ser transformado em três objetos: uma interface (i), um dado (d), e um controlo(c).

Tipo i: Representa as interfaces do processo com os utilizadores, *software* ou outros processos. Um elemento arquitetural pertence a este tipo devido à sua capacidade de interagir com outros elemento arquitetural externos a si mesmo;

Tipo d: Refere-se a repositórios genéricos de decisões (dados), que não são suportados computacionalmente pelo sistema global pretendido;

Tipo c: Representa um processo com foco na tomada de decisão e essa decisão deve ter um suporte computacional, dado a partir do sistema global pretendido.

Cada objeto recebe a referência do respetivo caso de uso anexada com o sufixo (i, d, c) que indica a categoria do objeto. Este é um passo totalmente "automático", uma vez que não há necessidade de qualquer tipo de decisões particulares ou fundamentação para o contexto específico de cada caso de utilização.

Passo 2 – Object Elimination

Neste passo, deve ser decidido qual dos três objetos deve ser mantido para representar plenamente tendo em conta todo o sistema e não considerando cada caso de uso isoladamente. Estas decisões devem ser baseadas na descrição textual de cada caso de utilização. Esta etapa visa decidir quais dos objetos criados na etapa 1 devem ser mantidos no modelo de objeto. Esta etapa também apoia a eliminação da redundância bem como a descoberta de faltas requisitos. Este é o passo mais importante da técnica 4SRS, uma vez que as entidades a nível do sistema definitivo são decididas aqui. Para lidar com a complexidade da etapa, foi decomposta em vários micro-passos.

Micro-passo 2i: use case classification

Neste micro-passo, o engenheiro de *software* classifica cada caso de uso. Para compreender qual classificação atribuir deve-se primeiro estudar quantas combinações de objetos de um determinado caso de uso existem. O 4SRS assume que cada caso de uso dá origem a um máximo de três tipos objetos: um objeto interface (i), um objeto de controlo (c) e um objeto de dados (d). Em algumas situações, quatro ou mais objetos podem ser criados a partir do mesmo caso de uso. Um exemplo típico é a criação de dois objetos de interface, um para entrada e o

outro para saída. No entanto, considerar três como o número máximo de objetos não resulta na perda de generalidade. Assim, chega-se a 8 combinações ou padrões diferentes (\emptyset , i, c, d, ic, di, cd, icd).

A ideia subjacente a esta classificação é ajudar na transformação de cada caso de utilização em objetos. Esta classificação daria algumas dicas sobre quais as categorias de objetos a utilizar e como ligar esses objetos.

Micro-passo 2ii: *local elimination*

O objetivo deste micro-passo é responder, para cada objeto criado no passo 1, se faz sentido no domínio do problema, uma vez que a criação de objetos no passo 1 é executada cegamente, não considerando o contexto do sistema para a criação do objeto

Micro-passo 2iii: *object naming*

Neste micro-passo, os objetos que não foram eliminados no micro-passo anterior devem receber um nome próprio que reflete tanto o caso de uso que lhe deu origem como o papel específico do objeto tendo em conta o seu componente.

Micro-step 2iv: *object description*

Cada objeto nomeado resultante do micro-passo anterior deve ser descrito, para que os requisitos do sistema que eles representam sejam incluídos no modelo de objetos. Estas descrições devem ser detalhadas, uma vez que é neste micro-passo que é feita a transição do domínio do problema para o domínio da solução. Consequentemente, deve-se indicar como, porquê, quando e por quem o elemento arquitetural vai ser executado. Este micro-passo deve ser baseado nas descrições dos casos de uso originais.

Micro-step 2v: *object representation*

Este é o micro-passo mais crítico da técnica 4SRS, uma vez que apoia a eliminação de redundância dos requisitos do utilizador, bem como a descoberta de requisitos em falta. Dentro da fase de análise, esta micro-passo constitui uma etapa de validação interna que assegura a coerência semântica do modelo de objetos e que descobre anomalias no modelo de casos de uso.

Esta micro-passo consiste na análise para verificar se um dado elemento arquitetural é complexo o suficiente para existir por si só ou se, existe algum outro cujas funcionalidades podem

ser incorporadas no elemento arquitetural que está sob análise. Esta análise leva em consideração as seguintes três questões:

- Todas as Funcionalidades do elemento arquitetural analisado podem ser representadas por outro?
- O elemento arquitetural que vai englobar o elemento analisado consegue incorporar as funcionalidades sem perder nenhuma das suas próprias características?
- Se o elemento arquitetural que vai englobar o outro é complexo, as funcionalidades extras aumentam esta complexidade a um grau em que a sua manutenção, descrição ou âmbito são comprometidos?

A coluna "*represented by*" (representado por) guarda a referência do objeto que representa o elemento arquitetural que está a ser analisado. Se o objeto analisado se representa a si mesmo, na coluna "*represented by*" aparece a própria referência. A coluna "*represent*" (representa) guarda as referências dos objetos que o elemento arquitetural analisado representa.

Micro-step 2vi: *global elimination*

Este é um micro-passo totalmente "automático", uma vez que se baseia completamente nos resultados do anterior. Os objetos que são representados por outros, devem ser eliminados, uma vez que os seus requisitos de sistema já não lhes pertencem.

Este micro-passo é chamado "eliminação global" devido à sua consciência global para gerar um modelo de objetos coerente, do ponto de vista dos requisitos do sistema.

Micro-step 2vii: *object renaming*

Este é o último micro-passo do passo 2. A sua finalidade é renomear os elementos arquiteturais que não foram eliminados do micro-passo anterior e que representam objetos adicionais.

Os novos nomes devem refletir a plenitude dos requisitos do sistema representados.

Passo 3 – *Object Packaging & Aggregation*

Neste passo, os restantes objetos (aqueles que foram mantidos após a execução da etapa 2), para os quais existe uma vantagem em serem tratados de forma unificada, devem dar origem a agregações ou pacotes de objetos semanticamente consistentes. Esta etapa apoia a construção

de um modelo de objeto verdadeiramente coerente, uma vez que ajuda a introduzir uma camada semântica adicional a um nível superior de abstração, que funciona como uma "cola funcional" para os objetos.

A criação de pacotes é uma técnica relativamente imatura, uma vez que introduz uma coesão semântica muito leve entre os objetos. Esta coesão pode ser facilmente invertida dentro da fase de concepção, sempre que necessário. Isto significa que os pacotes podem ser utilizados de forma flexível para permitir uma obtenção temporária de modelos de objetos mais abrangentes e compreensíveis.

Do modo oposto, a agregação impõe uma forte coesão semântica entre os objetos. O nível de coesão em agregações é mais difícil de reverter no desenho seguinte o que sugere uma abordagem mais escrupulosa na utilização deste tipo de "cola funcional". Isto significa, agregação só deve ser utilizado quando se assume explicitamente que o um conjunto de objetos considerados é afetado por um desenho consciente decisão. Tipicamente, a agregação é utilizada quando existe uma parte do sistema que constitui um subsistema legado, ou quando o desenho tem uma arquitetura de referência pré-definida que constrói o modelo de objetos.

Passo 4 - *Object Association*

Este passo final do método 4SRS apoia a introdução de associações no modelo de objetos, completamente baseado na informação existente no modelo de caso de uso e no passo 2i.

Relativamente à informação no modelo de casos de uso, se a as descrições textuais dos casos de uso possuem dicas sobre a ligação entre outros casos de uso, esta informação deve ser utilizada para apoiar a inclusão de associações no modelo de objetos. Para além disso a existência de uma relação UML entre casos de uso (como «use» ou «include») também indica uma possível associação entre os objetos que estes originaram.

4.3. Obtenção Da Arquitetura Lógica Através do 4SRS

A transformação de casos de uso em modelos arquiteturais é uma tarefa complexa, de modo que foi utilizado a técnica chamada 4SRS para ajudar nessa tarefa. O método 4SRS permite a transformação dos requisitos do utilizador numa representação de modelo arquitetónico.

A técnica 4SRS está organizada em quatro passos para transformar casos de uso em objetos que estão descritos em detalhe da secção de “Estado da Arte” do presente documento. De seguida apresento estas etapas e as transformações feitas utilizando o caso de uso {U.C.5.2} – *Registar Locais* como exemplo:

STEP 1 – Object Creation

O primeiro passo passa por criar os objetos, aqui cada caso de uso folha dá origem a 3 objetos. A primeira fila permite a inserção tanto da referência como do nome do caso de uso, as três filas seguintes permitem a inserção de um objeto de interface, um dado e um de controlo para o caso correspondente.

No caso de uso de demonstração há um refinamento que origina 4 casos de uso folha, a etapa 1 é aplicável a estes quatro casos criando assim 12 objetos. A figura 30 apresenta os casos de uso {U.C.5.2.1} e {U.C.5.2.2} e os respetivos objetos:

Step 1 - object creation	Step 2 - object elimination								Step 3 - object packaging & aggregation	Step 4 - object association
	2i - use case classification	2ii - local elimination	2iii - object naming	2iv - object description	2v - object representation		2vi - global elimination	2vii - object renaming		
					represented by	represent				
{U.C.5.2.1} Criar local	id									
{O05.2.1.i}		-	Interface para registar locais	Este objeto permite que o utilizador do sistema registre locais, áreas, subáreas cobertas pela rede de antenas ble (indoor)	{O05.2.1.i}		alive		{A2} Gestão do domínio da cloud privada {P6} Interface de localização de lotes	{O05.2.1.d}
{O05.2.1.d}		-	Armazenamento de novos locais	Este objeto permite que a cloud armazene a lista de locais, áreas, subáreas cobertas pela rede de antenas ble (indoor)	{O05.2.1.d}	{O05.2.2.d} {O05.2.3.d}	alive	Armazenamento de locais	{A2} Gestão do domínio da cloud privada {P3} Armazenamento na cloud	{O05.2.1.i} {O05.2.2.i} {O05.2.3.i} {O05.2.4.i}
{O05.2.1.c}		x								
{U.C.5.2.2} Atualizar local	id									
{O05.2.2.i}		-	Interface para atualizar locais	Este objeto permite que o utilizador do sistema altere locais, áreas, subáreas cobertas pela rede de antenas ble (indoor)	{O05.2.2.i}		alive		{A2} Gestão do domínio da cloud privada {P6} Interface de localização de lotes	{O05.2.1.d}
{O05.2.2.d}		-	Armazenar alterações nos locais	Este objeto permite que a cloud armazene as alterações na lista de locais, áreas, subáreas cobertas pela rede de antenas ble (indoor)	{O05.2.1.d}		kill			
{O05.2.2.c}		x								

Figura 8 - Secção da tabela 4SRS

STEP 2i – Use Case Classification

Neste passo cada caso de uso é classificado entre as possíveis combinações dos três tipos de objetos (\emptyset , i, c, d, ic, di, cd, icd). Esta classificação é essencial na transformação de casos de uso em objetos. Para o caso de demonstração, {U.C.5.2.1} e {U.C.5.2.2} foram classificados como tipo “id” (pois é necessária uma interface com a qual um utilizador irá interagir e é preciso armazenar os dados inseridos), o que significa que apenas os objetos de interface e dados são mantidos (o objeto de controlo será eliminado no micro-passo 2ii).

STEP 2ii – Local Elimination

O objetivo deste micro-passo é feito automaticamente baseado no tipo de atribuído no passo anterior. Os objetos que devem ser eliminados são marcados com "x" e os objetos que devem ser mantidos são marcados com "-". Para o caso de demonstração, {U.C.5.2.1} e {U.C.5.2.2} eliminou-se dois dos objetos originários (o objeto controlo de cada caso de uso), uma vez que estes não fazem sentido no domínio do problema. Visto que os casos de uso demonstrados são apenas responsáveis por receber e armazenar a informação inserida pelo utilizador o que significa que a dimensão de controlo não se encontra no âmbito deste caso de uso.

STEP 2iii – Object Naming

Neste micro-passo, os objetos que não foram eliminados devem receber um nome próprio que reflita tanto o caso de uso de qual originam como o papel específico do objeto, tendo em conta o seu componente principal. Neste caso, o objeto {O05.2.1.i}, por exemplo, foi nomeado “Interface para registar locais” e o {O05.2.1.d} “Armazenamento de novos locais”.

STEP 2iv – Object Description

A 5ª coluna corresponde à execução do micro-passo 2iv. Cada objeto nomeado resultante do micro-passo anterior deve ser descrito, para que os requisitos do sistema que representam sejam incluídos no modelo do objeto. Estas descrições devem basear-se nas descrições dos casos de uso originais.

STEP 2v – Object Representation

Este é o micro-passo mais crítico da técnica 4SRS, uma vez que apoia a eliminação da redundância dos requisitos do utilizador, bem como a descoberta de requisitos em falta. A coluna

"*represented by*" armazena a referência do objeto que irá representar o que está a ser analisado.
A coluna "*represent*" armazena as referências dos objetos que o objeto analisado irá representar.

Step 1 - object creation	Step 2 - object elimination								Step 3 - object packaging & aggregation	Step 4 - object association
	2i - use case classification	2ii - local elimination	2iii - object naming	2iv - object description	2v - object representation		2vi - global elimination	2vii - object renaming		
					represented by	represent				
{U.C.5.2.1} Criar local	id									
{O05.2.1.i}		-	Interface para registrar locais	Este objeto permite que o utilizador do sistema registre locais, áreas, subáreas cobertas pela rede de antenas ble (indoor)	{O05.2.1.i}		alive		{A2} Gestão do domínio da cloud privada {P6} Interface de localização de lotes	{O05.2.1.d}
{O05.2.1.d}		-	Armazenamento de novos locais	Este objeto permite que a cloud armazene a lista de locais, áreas, subáreas cobertas pela rede de antenas ble (indoor)	{O05.2.1.d}	{O05.2.2.d} {O05.2.3.d}	alive	Armazenamento de locais	{A2} Gestão do domínio da cloud privada {P3} Armazenamento na cloud	{O05.2.1.i} {O05.2.2.i} {O05.2.3.i} {O05.2.4.i}
{O05.2.1.c}		x								
{U.C.5.2.2} Atualizar local	id									
{O05.2.2.i}		-	Interface para atualizar locais	Este objeto permite que o utilizador do sistema altere locais, áreas, subáreas cobertas pela rede de antenas ble (indoor)	{O05.2.2.i}		alive		{A2} Gestão do domínio da cloud privada {P6} Interface de localização de lotes	{O05.2.1.d}
{O05.2.2.d}		-	Armazenar alterações nos locais	Este objeto permite que a cloud armazene as alterações na lista de locais, áreas, subáreas cobertas pela rede de antenas ble (indoor)	{O05.2.1.d}		kill			
{O05.2.2.c}		x								
{U.C.5.2.3} Apagar locais	id									
{O05.2.3.i}		-	Interface para eliminar locais	Este objeto permite que o utilizador do sistema remova locais, áreas, subáreas cobertas pela rede de antenas ble (indoor)	{O05.2.3.i}		alive		{A2} Gestão do domínio da cloud privada {P6} Interface de localização de lotes	{O05.2.1.d}
{O05.2.3.d}		-	Eliminar do armazenamento	Este objeto permite que a cloud remova elementos da lista de locais, áreas, subáreas cobertas pela rede de antenas ble (indoor)	{O05.2.1.d}		kill			
{O05.2.3.c}		x								

Figura 9 - Secção da tabela 4SRS

Neste caso o objeto {005.2.1.d} não delega noutros objetos a sua representação (ou seja, é representado por si mesmo) e representa adicionalmente uma lista de outros objetos (cada um destes objetos deve referir-se a {005.2.1.d} nas suas colunas "é representado por"). Isto acontece porque apesar de cada interface ({005.2.1.i}, {005.2.2.i} e {005.2.3.i}) ter o seu papel destino, os objetos do tipo "dados" estão todos a inserir novos dados no armazenamento de locais (quer sejam dados atualizados como no {005.2.2.d} ou o registo de que um local já não existe como no {005.2.3.d}).

STEP 2vi – Object Elimination

Este, tal como o 2ii é, um micro-passo totalmente automático, uma vez que se baseia nos resultados do anterior. Os objetos que são representados por outros devem ser eliminados, uma vez que os seus requisitos de sistema já não lhes pertencem. Os objetos eliminados têm "kill" nesta coluna e os que se mantêm têm "alive".

STEP 2vii – Object Renaming

A finalidade deste passo é renomear os objetos que não foram eliminados e que representam objetos adicionais. Os novos nomes devem refletir tudo o que o objeto agora engloba. O objeto {005.2.1.d} foi renomeado "Armazenamento de locais" para refletir a lista de outros objetos que ele representa adicionalmente.

STEP 3 – Object Packaging and Agregation

Nesta etapa, os restantes objetos (aqueles que foram mantidos após a execução do passo 2), para os quais existe uma vantagem em serem tratados de forma unificada, devem dar origem a agregações ou pacotes de objetos semanticamente consistentes.

Neste caso a agregação foi utilizada para dividir os objetos de *cloud* pública e privada visto que estes não só serão desenvolvidos por equipas diferentes, mas também utilizam tecnologias diferentes. Os objetos de demonstração pertencem ambos à agregação {A2}, todavia os objetos {005.2.1.i}, {005.2.2.i} e {005.2.3.i} são mantidos juntos dentro do pacote {P6} enquanto que o {005.2.1.d} pertence ao pacote {P3}.

STEP 4 – Object Association

Esta etapa final da técnica 4SRS apoia a introdução de associações no modelo de objeto, completamente baseada na informação existente no modelo de caso de uso e gerada no passo 2i.

No caso de demonstração o caso de uso {U.C.5.2.1} foi classificado como do tipo “id”, e ambos os objetos “sobreviveram” até ao passo final, logo pode se concluir que o objeto do tipo i {{005.2.1.i}} está relacionado com o objeto do tipo d {{005.2.1.d}}. Para além disso foi estabelecido que o {005.2.1.d} irá ser o responsável por armazenar todos os dados dos locais, quer seja um novo registo {{005.2.1.i}}, uma atualização de informações sobre um local {{005.2.2.i}} ou assinalar que um local deixa de existir {{005.2.3.i}}. Por esse motivo os objetos de interface apresentados têm uma associação com o objeto de dados e vice-versa.

4.4. Arquitetura Final

Aplicando o método 4SRS nos 89 casos de uso folha foram obtidos 261 objetos, após o segundo passo estes foram reduzidos a 94 e na terceira etapa foram agrupados em quatro agregações e 15 pacotes. A estrutura geral dos pacotes e agregações pode ser visível na figura em baixo (a arquitetura total com todos os objetos encontra-se no anexo). As ligações demonstradas na figura são entre os objetos inseridos nos pacotes, não entre os pacotes em si, no entanto foi aplicada esta representação para uma perceção geral da arquitetura.

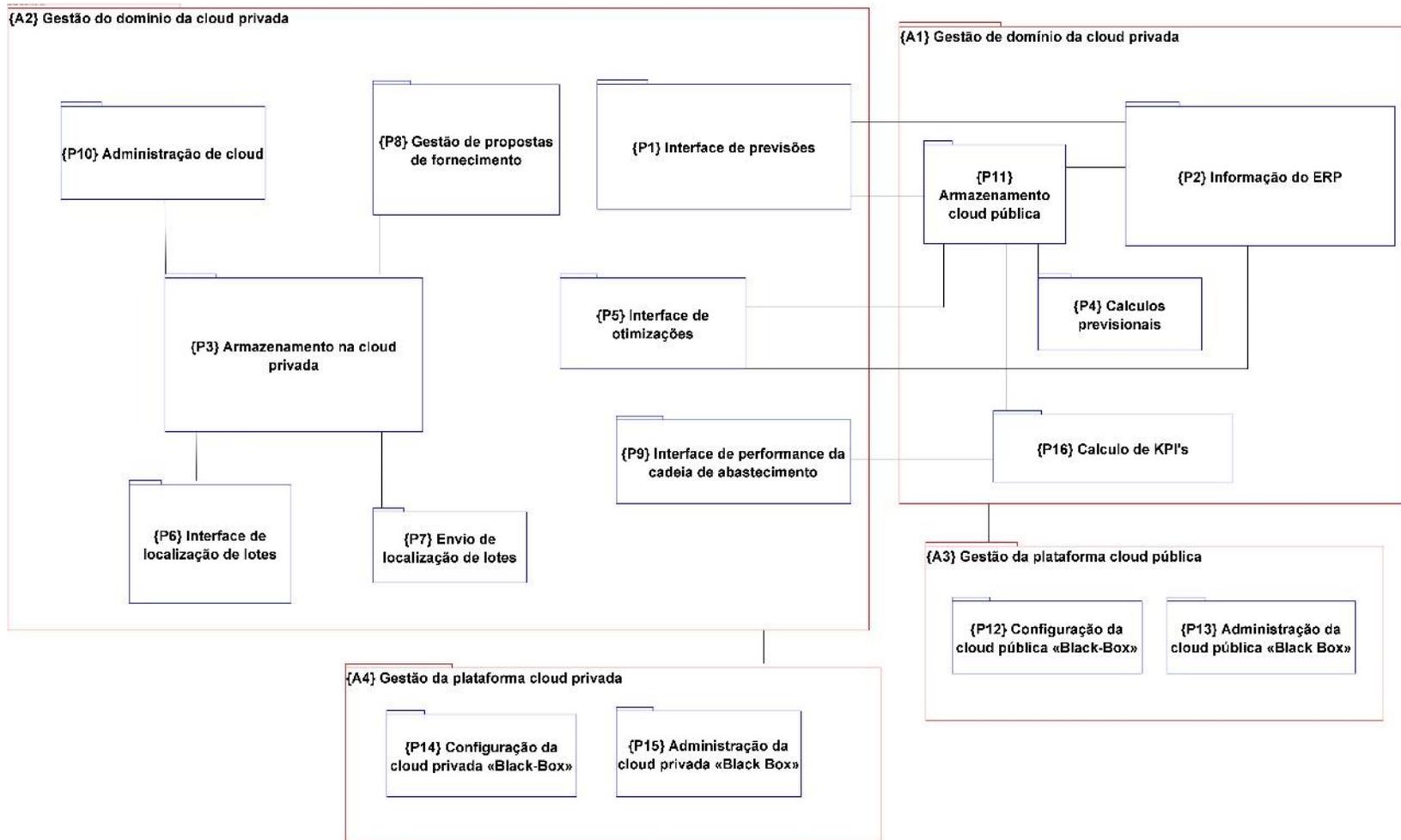


Figura 10 - Pacotes da arquitetura final

As agregações seguem a divisão já feita nos casos de uso, onde se separa a *cloud* pública da privada e a gestão de cada. Os pacotes foram criados de modo a tentar dividir os objetos pelos componentes principais do sistema, no entanto (como referido anteriormente) estes são criados especialmente para se obter um diagrama de objetos mais compreensível, mas pode ser facilmente revertido durante a fase de conceção.

{P1} Interface de previsões – Neste pacote encontram-se todos os objetos relacionados com o pedido e consulta de previsões. Ao fazer um pedido de previsão é despoletado o envio de dados pelo ERP (ligação ao {P2}), quando o utilizador vai consultar os resultados das previsões recebe a informação que foi armazenado na *cloud* pública (ligação com o {P11}).

{P2} Informação ERP – Este pacote contém os objetos derivados do caso de uso {U.C.3.1} - *Comunicar dados*, este processo é despoletado pelo pedido de previsões ou otimizações (ligação com {P1} e {P5} respetivamente) e os dados enviados são armazenados na *cloud* (ligação com {P11}).

{P3} Armazenamento *cloud* privada – Este pacote contém objetos de tipo d derivados de diversos casos de uso, é aqui que se guarda os resultados das métricas SCOR (ligação com {P9}), as informações dos *containers* e respetiva localização (ligação com {P6} e {P7}), as propostas de fornecimento (ligação com {P8}) e os dados necessários para administração como nomes de utilizadores e palavras passe (ligação com {P10}).

{P4} Cálculo previsional e prescritivo – Este pacote pode ser visto como o MRP II inteligente do sistema, é aqui que são calculadas as previsões e otimizações usando os dados do ERP (ligação com {P11}) aplicando tecnologias de *machine learning*, os resultados destas são de seguida armazenados no {P11}. Este pacote tem acesso a todo o histórico de dados de modo a que as análises executadas sejam o mais precisas possíveis.

{P5} Interface de otimizações – Neste pacote encontram-se todos os objetos relacionados com o pedido e consulta de otimizações. Ao fazer um pedido de otimização é despoletado o envio de dados pelo ERP (ligação ao {P2}), quando o utilizador vai consultar os resultados das otimizações recebe a informação que foi armazenado na *cloud* pública (ligação com o {P11}).

{P6} Interface de localização de lotes – Este pacote contém os objetos de tipo *i* necessários para criar/alterar/apagar os *containers*, locais e veículos da organização, esta informação é guardada na *cloud* privada (ligação com {P3}). É também aqui que se encontram as interfaces para consulta da localização de cada *container*, usando os dados da *cloud* privada (ligação com {P3}).

{P7} Envio de localização de lotes – Sempre que a localização dos *containers* é alterada a sua nova posição é enviada para *cloud*, os objetos responsáveis por esse envio estão neste pacote. As localizações são depois armazenadas na *cloud* (ligação com {P3}) para consulta.

{P8} Gestão de propostas de fornecimento – Os objetos relacionados com o envio, consulta e escolha de propostas de fornecimento estão neste pacote. As propostas enviadas pelos fornecedores são armazenadas (ligação com {P3}) para que os utilizadores da empresa produtora possam consultar e escolher.

{P9} Gestão da performance da cadeia de fornecimento – Neste pacote temos os objetos de interface para consulta das métricas SCOR usadas para avaliar a cadeia de abastecimentos. O pedido de visualização de métricas despoleta o cálculo destas (ligação com {P16}).

{P10} Administração da *cloud* privada – Os objetos dentro do {P10} são referentes às funções realizadas pelo administrador da *cloud* privada como criação de tenants e utilizadores, estes dados são depois guardados na *cloud* (ligação com {P3}).

{P11} Armazenamento na *cloud* privada – Na *cloud* privada temos guardados o histórico dos dados enviados pelo ERP (ligação com {P2}), que são usados para executar as previsões, otimizações (ligação {P4}) e cálculo de métricas SCOR (ligação com {P16}), também é neste pacote que estão armazenados os resultados das análises previsionais e prescritivas mostrados quando se consulta as previsões (ligação com {P1}) e otimizações (ligação com {P5}).

{P16} Cálculo de KPI's – Os objetos do pacote {P16} calculam a métrica SCOR pedida (ligação com {P9}) usando o histórico dos dados de ERP (ligação com {P11}).

Os pacotes 12, 13, 14 e 15 são “*black boxes*”, isto é, sistemas que podem ser vistos em termos das suas entradas e saídas (ou características de transferência), sem qualquer conhecimento do seu funcionamento interno. A sua implementação é "opaca".

Pode-se considerar que a arquitetura tem três componentes principais: a *cloud*, SCOR e o MRP II inteligente. As agregações {A4} e {A3} e o pacote {P10} surgiram devido a requisitos tecnológicos do uso de *cloud*. Por outro lado, os objetos relacionados com o calculo de previsões e otimizações está diretamente relacionado com o objetivo de desenvolver um MRP II inteligente. Por outras palavras, a construção de um MRP que utilize tecnologia de *machine learning* de modo a aprender e constantemente aperfeiçoar as otimizações e aumentar a precisão das análises prescritivas. Por fim temos vários objetos que derivaram dos casos de uso relacionados com o modelo SCOR (detalhados no capítulo 5.3). De modo a ilustrar melhor estes três componentes foi delineado sob a figura 33 os pacotes que pertencem à *cloud* em azul, os do MRP inteligente em vermelho e os do SCOR a verde, como se pode ver a baixo.

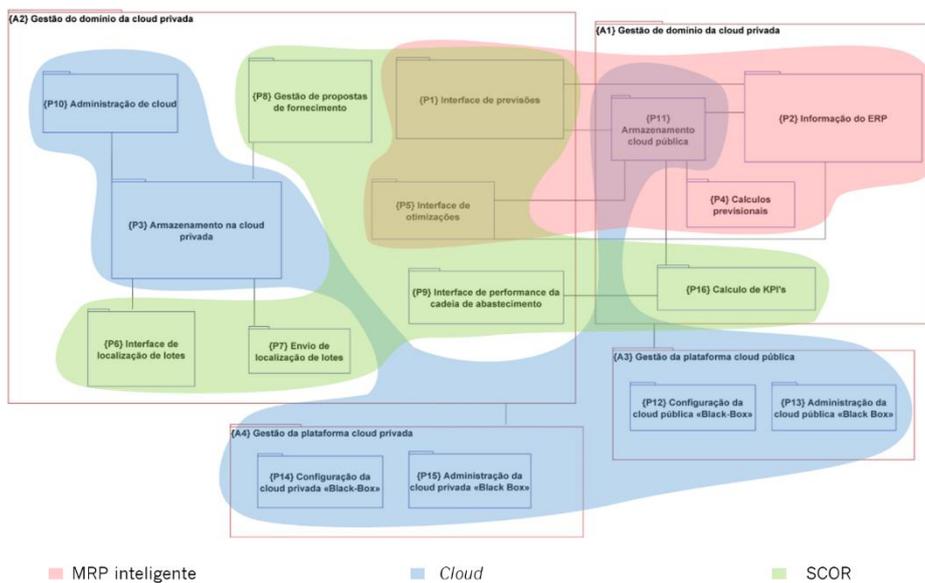


Figura 11 - Componentes da arquitetura final

O MRP inteligente é responsável pela gestão de procura e das necessidades da cadeia de fornecimento bem como prever datas de entregas, tanto dos fornecedores como da organização, e tempos de produção. Tudo isto são fatores essenciais para a o sucesso da cadeia de fornecimento da organização e estão, portanto, também refletidos nos processos do modelo SCOR. Por outro lado, todas estas análises são feitas com base num histórico de dados armazenado na *cloud* pública, sendo essa a razão pela qual o pacote {P11} estar inserido no componente *cloud* da arquitetura e no MRP inteligente.

4.5. Conclusões

Concluindo a arquitetura obtida através do método 4SRS permitiu mapear todos os objetos necessários para que a plataforma informática cumpra com todos os requisitos funcionais recolhidos. Durante as etapas de transformação do 4SRS foram eliminados objetos redundantes evitando assim esforço desnecessário durante a fase de desenvolvimento bem como replica de dados. A representação através de um diagrama de objetos permite também que os desenvolvedores tenham uma visão clara de como todos os elementos funcionais da plataforma irão interagir entre si. A arquitetura apresentada também permite a integração das necessidades tecnológicas apresentadas como *Cloud* (tanto publica como privada), MRP inteligente (onde são aplicados algoritmos de *Machine Learning*).

A plataforma informática desenvolvida no âmbito do projeto PRODUTECH4&SC irá operacionalizar a arquitetura aqui apresentada e alinhada com as recomendações desta serão desenvolvidas ferramentas *cloud* que incorporarão algoritmos holísticos globais e locais de otimização numa cadeia de valor colaborativa, e utilização aprimorada de recursos e informações. A plataforma desenvolvida com base na arquitetura deste documento será capaz, de forma integrada, de gerir e controlar os processos essenciais da cadeia de fornecimento. Isto foi assegurado pois os casos de uso (que serviram de *input* para o 4SRS) abrangiam os processos da cadeia de fornecimento apresentados pela modelo de referência SCOR.

Em suma a arquitetura lógica apresentada neste projeto garante que a plataforma desenvolvida cumpra os objetivos funcionais estabelecidos, nomeadamente: prever a procura dos clientes; analisar stock, aumentar a visibilidades dos integrantes da cadeia, aumentar e monitorizar a localização da mercadoria. Para além disso ao basear-se no modelo SCOR assegura o suporte dos processos da cadeia de abastecimento. E, por fim, a arquitetura final certifica a incorporação das necessidades específicas relativas ao desenvolvimento tecnológico.

5. Conclusão

Este último capítulo tem como objetivo resumir o trabalho realizado no decorrer do presente projeto de dissertação, expor os resultados obtidos e por fim mencionar as dificuldades e limitações que possam ter causado impacto no desenvolvimento do atual documento.

5.1. Síntese

A quarta revolução industrial veio trazer um aumento significativo na inovação no ramo da indústria contribuindo para uma digitalização crescente de processos e dados. Simultaneamente o mercado foi ficando mais competitivo levando a uma necessidade de comunicações entre empresas. Uma organização não é capaz de funcionar de forma isolada, pelo contrário precisa de um constante contacto com *stakeholders* que desempenham funções no ciclo produtivo (como fornecedores ou subcontratados).

Devido a esta competitividade, é expectável o aumento do investimento nesta área, resultando na criação de inúmeros projetos tendo em vista a criação de novas soluções que venham acrescentar valor tanto para as organizações como para a sociedade consumidora, podendo conduzir à execução dos processos de fabrico de forma mais rápida e eficiente. É neste contexto, que surge o projeto Mobilizador PRODUTECH4S&C, tendo como principal objetivo o desenvolvimento de novas metodologias, estratégias, ferramentas e abordagens que irão confluir em novos produtos, serviços e sistemas inovadores (tecnologias de produção), alicerçados na garantia da sustentabilidade. Este projeto é dividido em 6 áreas de foco distintas, sendo que o atual projeto é centrado na Cadeia Digital do Fornecimento.

Com esta finalidade foi efetuada uma revisão de literatura dos conceitos essenciais para o desenvolvimento do projeto. Começando pelo tema da Indústria 4.0 e interoperabilidade, de seguida abordou-se o foco do presente projeto de dissertação: a cadeia de fornecimento. Aí explorou-se como esta evolui com a Indústria 4.0, dando especial atenção ao sistemas de MRP II. Por fim, analisou-se os modelos de referência dando especial atenção ao modelo SCOR visto ser o foco da presente dissertação. Apesar de existirem outros modelos de referência para a indústria (como o RAMI4.0 e o IIRA), ao contrário de muitos o SCOR foca-se unicamente nas operações da cadeia de fornecimento indo assim de encontro aos objetivos do projeto.

De modo a construir a arquitetura que responda às necessidades dos utilizadores do sistema, foi primeiro necessário estabelecer os requisitos funcionais da plataforma informática. Estes levaram ao desenvolvimento dos casos de uso, que permite ver quais as interações existentes entre o sistema e o ambiente externo, definindo assim quais os atores. A plataforma informática tem como objetivo principal suportar os processos da cadeia de fornecimento, foi portanto necessário garantir que os casos de uso concebidos abrangiam os processos apresentados pelo modelo de referência SCOR. De forma a obter uma arquitetura que engloba estes requisitos e que simultaneamente não apresente redundância, foi aplicado o método 4SRS (explorado anteriormente na revisão de literatura), esta técnica utiliza os casos de uso como *input* e através de sucessivas transformações resulta uma arquitetura de *software* representada num diagrama de objetos.

Esta arquitetura final não só responde às necessidades do cliente, permitindo a construção de uma plataforma que traz maior visibilidade aos *players* da cadeia de fornecimento, mas também abrange os processos do modelo SCOR garantindo assim eu o sistema informático final irá suportar estes da forma devida.

5.2. Dificuldades

No decorrer do desenvolvimento da dissertação foram ocorrendo diversas dificuldades que por vezes limitavam o progresso da mesma. O primeiro, e mais obvio, problema deve-se ao atual estado pandémico que se encontra o país, isto veio trazer diversos entraves nas comunicações necessárias para desenvolvimento do projeto. As reuniões tiveram de ser feitas à distancia via ferramentas como o *Microsoft Teams* ou *ZOOM*. Isto causou um atraso na obtenção de dados e as várias de tentativas de visita presencial à empresa revelaram-se ineficazes.

Um outro entrave para o levantamento de requisitos foi o estabelecimento de um consenso entre os diversos intervenientes uma vez que o projeto envolve organizações de diferentes áreas e cada uma com interesses e conhecimentos diferentes. Revelou-se assim necessário varias sessões de esclarecimento com cada uma usando diferentes representações (pois nem todos estavam familiarizados com a linguagem UML).

O modelo de referência SCOR possui um grande nível de detalhe relativamente a processos ou interações da cadeia de fornecimento, no entanto, existe pouca informação que auxilie no

processo de implementação e desenvolvimento de aplicações no âmbito da Indústria 4.0, abordando os processos de um modo ainda bastante manual com pouca digitalização.

Perante as dificuldades apresentadas é evidente que nem sempre foi possível realizar o trabalho como pretendido tendo sido necessário a busca de outras possibilidades e soluções, todavia foi possível concluir o presente projeto com sucesso.

5.3. Resultados

Através objetivos estabelecidos no primeiro capítulo é possível definir uma estrutura de raciocínio e dividir o trabalho em diversas etapas de desenvolvimento resultando no atual documento.

O primeiro objetivo passou pela análise do estado da arte dos temas abordados no presente projeto de dissertação. Para tal foi realizada uma revisão de literatura abrangendo a temática da Indústria 4.0, interoperabilidade e do modelo de referência SCOR. Assim, foi possível concluir que o modelo de referência SCOR é o mais adequado para ser aplicado no projeto atual visto que foca exclusivamente em operações da cadeia de fornecimento, permitindo aos utilizadores compreender os processos envolvidos numa organização empresarial e identificar as características vitais que levam à satisfação do cliente. Para além disso o modelo SCOR é bastante atual, sendo que a última versão (na qual este documento se baseia) foi publicada há apenas 5 anos. Além da busca de conteúdos teóricos que constituíssem uma base sólida para o restante desenvolvimento, foi também mencionado o estado atual da cadeia de fornecimento e como as tecnologias que emergiram com a quarta revolução industrial a poderiam afetar. Pode assim comprovar-se que as organizações beneficiariam com a introdução de *cloud* e *machine learning* nos processos cadeias de fornecimento. Estas tecnologias não só permitem uma maior escalabilidade dos serviços como também proporcionam previsões mais precisas e otimizações dos processos de gestão da cadeia. Este e outros temas foram essenciais para o desenvolvimento das restantes secções deste documento. Em suma, o primeiro objetivo da dissertação foi alcançado com sucesso tendo sido um ponto fulcral para as etapas que lhe seguiram.

O objetivo seguinte passa pela recolha de requisitos e definição dos casos de uso. É de extrema importância que todos os envolventes estejam de acordo nesta etapa pois é aqui que se limita as funções que solução a ser desenvolvida irá dispor. Usou-se, portanto, como ponto de partida a

base o âmbito do projeto, onde foram definidas como principais funções internas do sistema a “gestão de localização de lotes”, “execução de previsões e otimizações” e “gestão propostas de fornecimento, dando assim por concluído o segundo objetivo”. Recorrendo a reuniões *online* entre os intervenientes do projeto foram estabelecidos quais os principais agentes que iriam interagir com o sistema (atores) e foram recolhidos diversos requisitos funcionais e não-funcionais. Durante estas sessões foi estabelecido que as entidades desenvolvedoras iriam utilizar duas tecnologias de *cloud* distintas. Enquanto que a organização responsável por desenvolver a análises preditivas e prescritivas preferia a utilização de uma *cloud* pública (como a AZURE) a entidade responsável pelo restante desenvolvimento optou por usar uma *cloud* privada. Esta divisão mantém-se ao longo do restante projeto de dissertação. Após a obtenção dos requisitos foi necessário definir que interações com o sistema é que irão ocorrer de modo a cumprir estes requerimentos. Para tal foram utilizados diagramas de caso de uso, estes permitem ilustrar como os diferentes atores do sistema podem interagir com este. Ao longo de todo este processo o modelo SCOR era consultado, em especial a secção dos processos de modo a garantir que os mais essenciais estavam representados na plataforma.

Para alcançar o último objetivo foi elaborada uma arquitetura utilizando o método 4SRS. Esta técnica permite utilizar os casos de uso como input e através de transformações sucessivas elimina a redundância e gera elementos arquiteturais e as suas ligações, o resultado final pode ser transcrito num diagrama de objetos. O atual projeto tinha 89 casos de uso folha, sendo que oito deles eram *black-boxes*, estes deram origem a 261 objetos que através dos passos do 4SRS foram reduzidos para 94. Tal como mencionado anteriormente a divisão entre *cloud* pública e *cloud* privada manteve-se até ao final sendo que na arquitetura foram criadas agregações específicas para cada, no entanto estas continuam a ligar-se entre si (possivelmente através de uma API). A arquitetura final abrange assim as tecnologias de *cloud*, e *machine learning* (presente no MRP II inteligente) e incorpora processos e métricas do modelo SCOR.

Resumindo, apesar das dificuldades e limitações encontradas todos os objetivos definidos inicialmente foram alcançados com sucesso. A plataforma desenvolvida conforme a arquitetura apresentada permitirá à organização não só uma melhor gestão dos processos da cadeia de fornecimento como também mais rápida e automática. Com os dados dos planos de necessidade e compras a empresa será capaz de adquirir os componentes necessários antecipadamente e sem sobrecarregar o stock. Além disso, caso haja uma necessidade que não foi prevista ou um

problema com o fornecimento de algum dos fornecedores, a organização consegue facilmente consultar outras propostas disponíveis.

Referências

- Bahrin, M. A. K., Othman, M. F., Azli, N. H. N., & Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *Jurnal Teknologi*, 78(6–13), 137–143. <https://doi.org/10.11113/jt.v78.9285>
- Berndtsson, M., Hansson, J., Olsson, B., & Lundell, B. (2008). Thesis projects: A guide for students in computer science and information systems: Second edition. In *Thesis Projects: A Guide for Students in Computer Science and Information Systems: Second Edition*. <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-009-4>
- Bragança, A., & Machado, R. J. (2009). A model-driven approach for the derivation of architectural requirements of software product lines. *Innovations in Systems and Software Engineering*, 5(1), 65–78. <https://doi.org/10.1007/s11334-009-0078-3>
- Cao, Q., Schniederjans, D. G., & Schniederjans, M. (2017). Establishing the use of cloud computing in supply chain management. *Operations Management Research*, 10(1–2), 47–63. <https://doi.org/10.1007/s12063-017-0123-6>
- Chen, D., & Doumeingts, G. (2003). European initiatives to develop interoperability of enterprise applications - Basic concepts, framework and roadmap. *Annual Reviews in Control*, 27 II, 153–162. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2003.09.001>
- Christopher, M. (2005). *Logistics and supply chain management, creating value-adding networks*, Financial Times Prentice Hall.
- Cloutier, R., Muller, G., Verma, D., Nilchiani, R., Hole, E., & Bone, M. (2009). The Concept of Reference Architectures. *Systems Engineering*, 14–27. <https://doi.org/10.1002/sys>
- Coelho, P. M. N. (2016). Rumo à Indústria 4.0. *Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade de Coimbra*, 65. <http://hdl.handle.net/10316/36992>
- Diallo, S. Y., Herencia-Zapana, H., Padilla, J. J., & Tolk, A. (2011). Understanding interoperability. *Emerging M and S Applications in Industry and Academia Symposium 2011, EAIA 2011 - 2011 Spring Simulation Multiconference, May 2014*, 84–91.
- Ferreira, N., Santos, N., P. Soares, Machado, R. J., & Gasevic, D. (2012). Transition from Process-to Product-Level Perspective for Business Software. *6th International Conference on Research and Practical Issues of Enterprise Information System, CONFENIS 2*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-36611-6>
- Ferreira, Nuno, Santos, N., Machado, R. J., & Gasevic, D. (2013). Aligning Domain-Related Models for Creating Context for Software Product Design. *Lecture Notes in Business Information Processing*, 133. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-35702-2>
- Garde, S., Knaup, P., Hovenga, E. J. S., & Heard, S. (2007). Towards semantic interoperability for electronic health records: Domain knowledge governance for openEHR archetypes. *Methods of Information in Medicine*, 46(3), 332–343. <https://doi.org/10.1160/ME5001>
- Geerts, G. L. (2011). A design science research methodology and its application to accounting information systems research. *International Journal of Accounting Information Systems*, 12(2), 142–151. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2011.02.004>

- Gunasekaran, A., Papadopoulos, T., Dubey, R., Wamba, S. F., Childe, S. J., Hazen, B., & Akter, S. (2017). Big data and predictive analytics for supply chain and organizational performance. *Journal of Business Research*, 70, 308–317. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.08.004>
- Harshala Bhoir, M., Ranjana, M., & Principal, P. (2014). *Cloud Computing For Supply Chain Management*. 1(2), 1–9.
- Hartmut, S. (2007). *Supply Chain Management and Advanced Planning: Supply Chain Management - An Overview* (S. Hartmut & K. Christoph (eds.); 4rd ed., Vol. 148). https://doi.org/10.1007/978-3-540-74512-9_2
- Heiler, S. (1995). Semantic Interoperability. *ACM Computing Surveys*, 27(2). <https://doi.org/10.4324/9781315169460-4>
- Hevner, A., & Chatterjee, S. (2012). Design Research in Information Systems Theory and Practice Forewords. In *Springer* (Vol. 22).
- Ide, N., & Pustejovsky, J. (2010). What Does Interoperability Mean , Anyway? Toward an Operational Definition of Interoperability for Language Technology. *Proceedings of the Second International Conference on Global Interoperability for Language Resources*. <http://www.cs.vassar.edu/~ide/papers/ICGL10.pdf>
- Jeschke, S., Brecher, C., Meisen, T., Özdemir, D., & Eschert, T. (2017). Cyber-Physical Systems Engineering for Manufacturing In Industrial Internet of Things. *Industrial Internet of Things. Springer Series in Wireless Technology. Springer, Cham, October*, 3–19. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-42559-7>
- Kasi, V. (2005). Systemic assessment of SCOR for modeling supply chains. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 00(C), 87. <https://doi.org/10.1109/hicss.2005.574>
- Kosanke, K., Jochem, R., Nell, J. G., & Bas, A. O. (2003). Enterprise Interoperability: A Standardisation View. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 108. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-35621-1>
- Kubicek, H., Cimander, R., & Scholl, H. J. (2018). Organizational Interoperability in E-Government. In *e-conversion - Proposal for a Cluster of Excellence*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-22502-4>
- Lewis, G. A., & Wrage, L. (2006). Model Problems in Technologies for Interoperability: Web Services. *Integration The Vlsi Journal*, June. <http://www.sei.cmu.edu/library/abstracts/reports/06tn021.cfm?DCSext.abstractsource=RelatedLinks>
- Machado, R. J., Fernandes, J. M., Monteiro, P., & Rodrigues, H. (2006). Refinement of software architectures by recursive model transformations. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 4034 LNCS, 422–428. https://doi.org/10.1007/11767718_38
- Mol, M. J., & Brewster, C. (2014). The Outsourcing Strategy of Local and Multinational Firms: A Supply Base Perspective. *Global Strategy Journal*, 4(1), 20–34. <https://doi.org/10.1111/j.2042-5805.2013.01070.x>

- Monteiro, P., Carvalho, M., Morais, F., Melo, M., Machado, R. J., & Pereira, F. (2018). Adoption of Architecture Reference Models for Industrial Information Management Systems. *International Conference on Intelligent Systems (IS)*, 763–770. <https://doi.org/10.1109/IS.2018.8710550>
- MRPeasy. (n.d.). *What is an MRP System? Manufacturing Resource Planning Software Explained*. Retrieved January 5, 2022, from <https://www.mrpeasy.com/mrp-system/>
- Ni, D., Xiao, Z., & Lim, M. K. (2020). A systematic review of the research trends of machine learning in supply chain management. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 11(7), 1463–1482. <https://doi.org/10.1007/s13042-019-01050-0>
- Ntabe, E. N., LeBel, L., Munson, A. D., & Santa-Eulalia, L. A. (2015). A systematic literature review of the supply chain operations reference (SCOR) model application with special attention to environmental issues. *International Journal of Production Economics*, 169, 310–332. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.08.008>
- Olhager, J., & Selldin, E. (2003). Enterprise resource planning survey of Swedish manufacturing firms. *European Journal of Operational Research*, 146(2), 365–373. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00555-6](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00555-6)
- Pagano, P., Candela, L., & Castelli, D. (2013). Data interoperability. *Data Science Journal*, 12(July). <https://doi.org/10.2481/dsj.GRDI-004>
- Park, J., & Ram, S. (2004). Information systems interoperability: What lies beneath? *ACM Transactions on Information Systems*, 22(4), 595–632. <https://doi.org/10.1145/1028099.1028103>
- Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45–77. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>
- Pertti, J. (2007). Action research is similar to design science. *Quality and Quantity*, 41(1), 37–54. <https://doi.org/10.1007/s11135-005-5427-1>
- Rezaei, R., Chiew, T. K., & Lee, S. P. (2014). An interoperability model for ultra large scale systems. *Advances in Engineering Software*, 67, 22–46. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2013.07.003>
- Rezaei, R., Chiew, T. K., Lee, S. P., & Shams Aliee, Z. (2014). Interoperability evaluation models: A systematic review. *Computers in Industry*, 65(1), 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2013.09.001>
- Samani, R., Honan, B., & Reavis, J. (2015). Cloud Computing, What is it and What's the Big Deal? *CSA Guide to Cloud Computing*, 1–22. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-420125-5.00001-7>
- Santos, B. P., Alberto, A., Lima, T. D. F. M., & Santos, F. M. . (2018). Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades. *Revista Produção e Desenvolvimento*, 4(1), 13. <https://doi.org/https://doi.org/10.32358/rpd.2018.v4.316>
- Schwab, Klaus, & David, N. (2018). *Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution*. World Economic Fund. <https://www.ft.com/content/40797098-e991-11e8-885c-e64da4c0f981>

- Schwab, Klaus. (2016). *The Fourth Industrial Revolution* (v4.1). World Economic Forum. <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>
- SIEMENS. (n.d.). *Manufacturing resource planning What is manufacturing resource planning (MRP 2)*. Retrieved January 5, 2022, from <https://www.plm.automation.siemens.com/global/pt/our-story/glossary/what-is-manufacturing-resource-planning-mrp2/101319>
- Stephens, S. (2001). Supply Chain Operations Reference Model Version 5.0: A New Tool to Improve Supply Chain Efficiency and Achieve Best Practice. *Information Systems Frontiers*, 3(4), 471–476. <https://doi.org/10.1023/A:1012881006783>
- Sudmanns, M., Tiede, D., Lang, S., & Baraldi, A. (2018). Semantic and syntactic interoperability in online processing of big Earth observation data. *International Journal of Digital Earth*, 11(1), 95–112. <https://doi.org/10.1080/17538947.2017.1332112>
- Supply chain operations council. (2017). Supply Chain Operations Reference Model. *Logistics Information Management*, 1096.
- Toorajipour, R., Sohrabpour, V., Nazarpour, A., Oghazi, P., & Fischl, M. (2021). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review. *Journal of Business Research*, 122(September 2020), 502–517. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.009>
- Veltman, K. H. (2001). Syntactic and semantic interoperability: New approaches to knowledge and the semantic web. *New Review of Information Networking*, 7, 159–183. <https://doi.org/10.1080/13614570109516975>
- Vemula, R., & Zsifkovits, H. (2016). Cloud Computing im Supply Chain Management. *BHM Berg-Und Hüttenmännische Monatshefte*, 161(5), 229–232. <https://doi.org/10.1007/s00501-016-0485-3>
- Vernadat, F. B. (1996). *Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications* (p. 528). https://doi.org/10.1007/978-0-387-35621-1_43
- Vernadat, F. B. (2010). Technical, semantic and organizational issues of enterprise interoperability and networking. *Annual Reviews in Control*, 34(1), 139–144. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2010.02.009>
- Wang, G., Gunasekaran, A., Ngai, E. W. T., & Papadopoulos, T. (2016). Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications. *International Journal of Production Economics*, 176, 98–110. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.03.014>
- Wenzel, H., Smit, D., & Sardesai, S. (2019). A Literature Review on Machine Learning in Supply Chain Management. In *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL) - 27* (Issue September). <https://doi.org/10.15480/882.2478>
- Zeid, A., Sundaram, S., Moghaddam, M., Kamarthi, S., & Marion, T. (2019). Interoperability in smart manufacturing: Research challenges. *Machines*, 7(2), 1–17. <https://doi.org/10.3390/machines7020021>
- Zhou, H., Benton, W. C., Schilling, D. A., & Milligan, G. W. (2011). Supply chain integration and the SCOR model. *Journal of Business Logistics*, 32(4), 332–344. <https://doi.org/10.1111/j.0000-0000.2011.01029.x>

Anexo 1

Casos de Uso da Solução Aplicacional

{U.C.1} Ver Previsões

Este caso de uso representa as funcionalidades relacionadas com a visualização de previsões por parte do departamento de compras. De seguida podemos ver este caso de uso com mais detalhe na descrição do: **{U.C.1.1} Pedir previsões; {U.C.1.2} Consultar previsões**

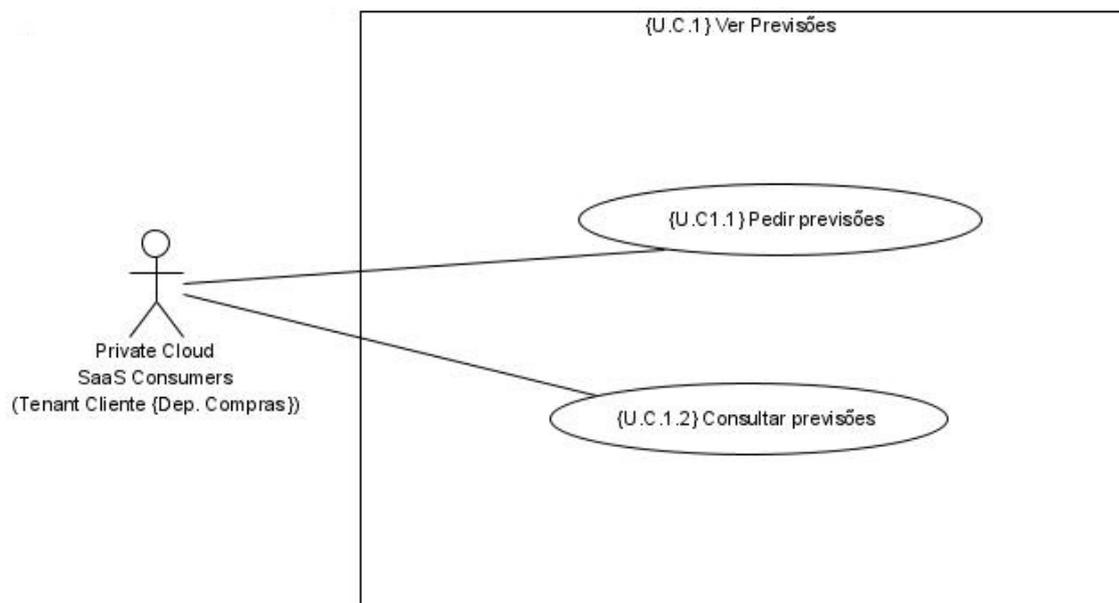


Figura 12 - Caso de Uso {U.C.1} Ver Previsões

O **{U.C.1.1} Pedir previsões** pode ainda ser detalhado num nível mais abaixo com os casos de uso: **{U.C.1.1.1} Pedir previsão de Encomendas Cliente; {U.C.1.1.2} Pedir previsão de Lead-Time de Produção; {U.C.1.1.3} Pedir previsão de Data de Entrega, {U.C.1.1.4} Pedir previsão de Quantidade de Encomendas ao Fornecedor; {U.C.1.1.5} Pedir previsão de Data de Receção de Encomenda.**

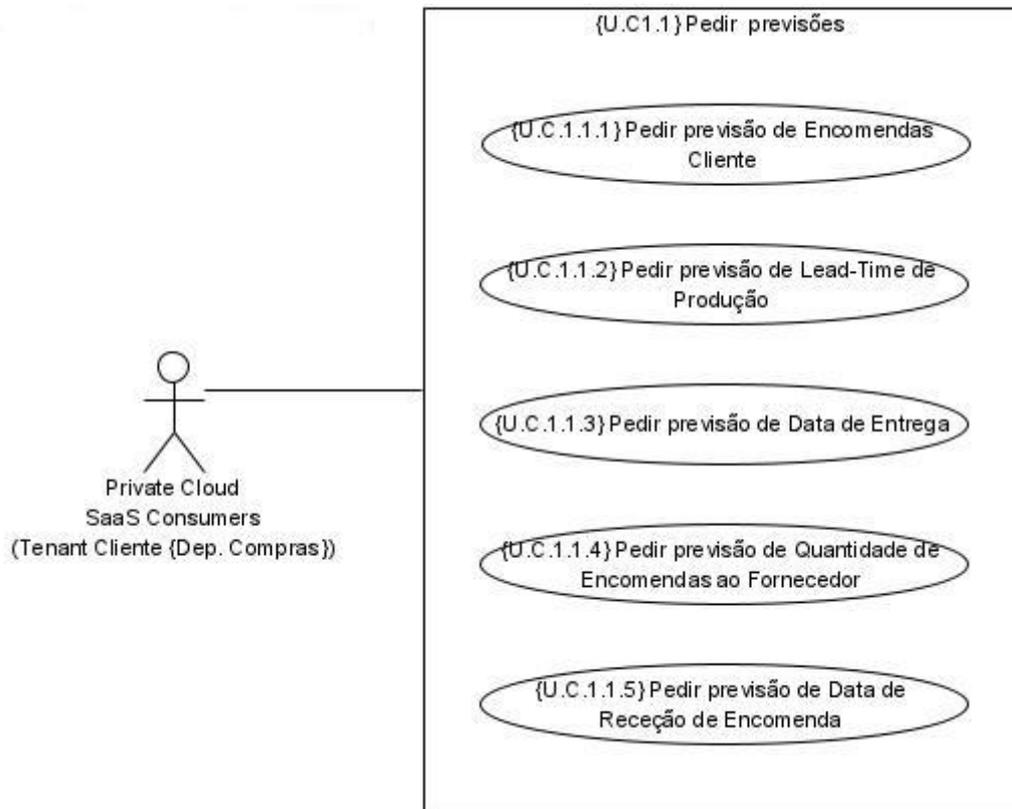


Figura 13 - Caso de Uso {U.C.1.1} Pedir Previsões

{U.C.1.1.1} Pedir previsão de Encomendas Cliente: O dep. de compras poderá pedir a previsão de encomendas de clientes, para isso terá também de inserir os *inputs* necessários

{U.C.1.1.2} Pedir previsão de Lead-Time de Produção: O dep. de compras poderá pedir a previsão de Lead-Time Produção, para isso terá também de inserir os *inputs* necessários

{U.C.1.1.3} Pedir previsão de Data de Entrega: O dep. de compras poderá pedir a previsão de Data de Entrega, para isso terá também de inserir os *inputs* necessários

{U.C.1.1.4} Pedir previsão de Quantidade de Encomendas ao Fornecedor: O dep. de compras poderá pedir a previsão de q quantidade de encomendas ao fornecedor, para isso terá também de inserir os *inputs* necessários

{U.C.1.1.5} Pedir previsão de Data de Recepção de Encomenda. O dep. de compras poderá pedir a previsão da data de recepção de encomenda, para isso terá também de inserir os *inputs* necessários

O **{U.C.1.2} Consultar previsões** pode ainda ser detalhado num nível mais abaixo com os casos de uso folha: **{U.C.1.2.1} Consultar previsão de Encomendas Cliente;** **{U.C.1.2.2}**

Consultar previsão de Lead-Time de Produção; {U.C.1.2.3} Consultar previsão de Data de Entrega; {U.C.1.2.4} Consultar previsão de Quantidade de Encomendas ao Fornecedor; {U.C.1.2.5} Consultar previsão de Data de Receção de Encomenda.

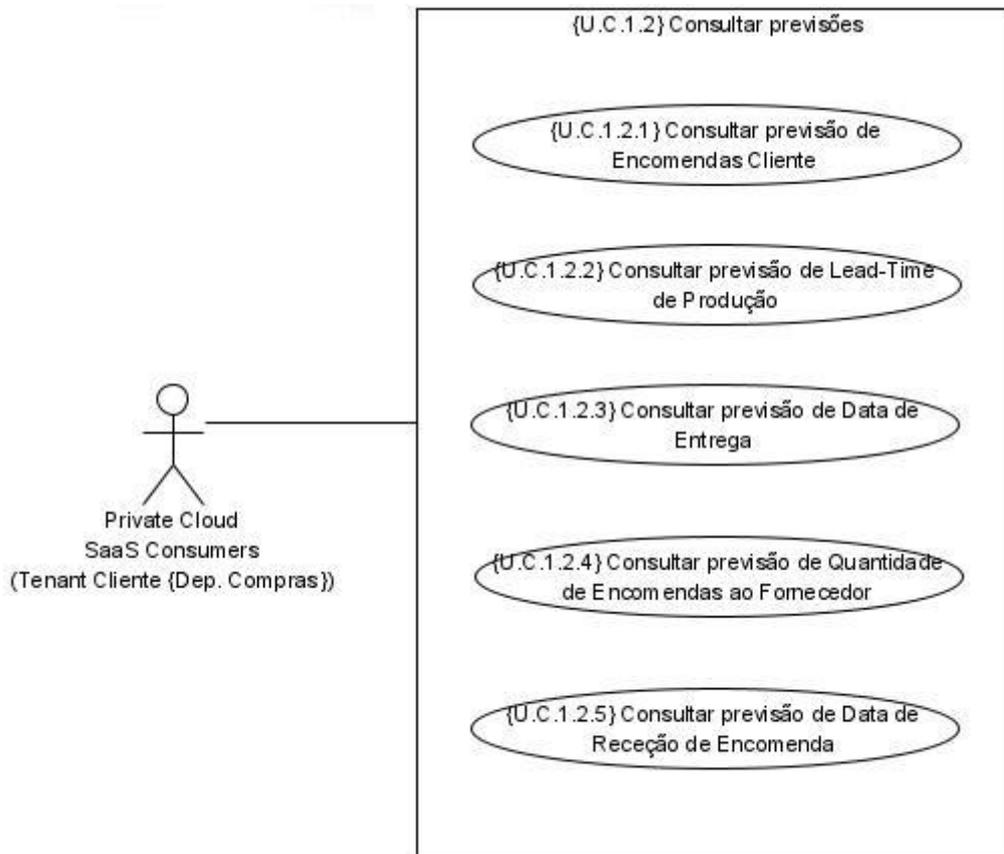


Figura 14 - Caso de Uso {U.C.1.2} Consultar Previsões

{U.C.1.2.1} Consultar previsão de Encomendas Cliente: O dep. de compras poderá Consultar a previsão de encomendas de clientes

{U.C.1.2.2} Consultar previsão de Lead-Time de Produção: O dep. de compras poderá consultar a previsão de Lead-Time Produção.

{U.C.1.2.3} Consultar previsão de Data de Entrega: O dep. de compras consultar pedir a previsão de Data de Entrega.

{U.C.1.2.4} Consultar previsão de Quantidade de Encomendas ao Fornecedor: O dep. de compras consultar pedir a previsão de q quantidade de encomendas ao fornecedor.

{U.C.1.2.5} Consultar previsão de Data de Receção de Encomenda: O dep. de compras consultar pedir a previsão da data de receção de encomenda

{U.C.2} Ver Otimizações

Este caso de uso representa as funcionalidades relacionadas com a visualização de otimizações por parte do departamento de compras. De seguida podemos ver este caso de uso com mais detalhe na descrição do: **{U.C.2.1} Pedir otimizações; {U.C.2.4} Consultar otimizações**

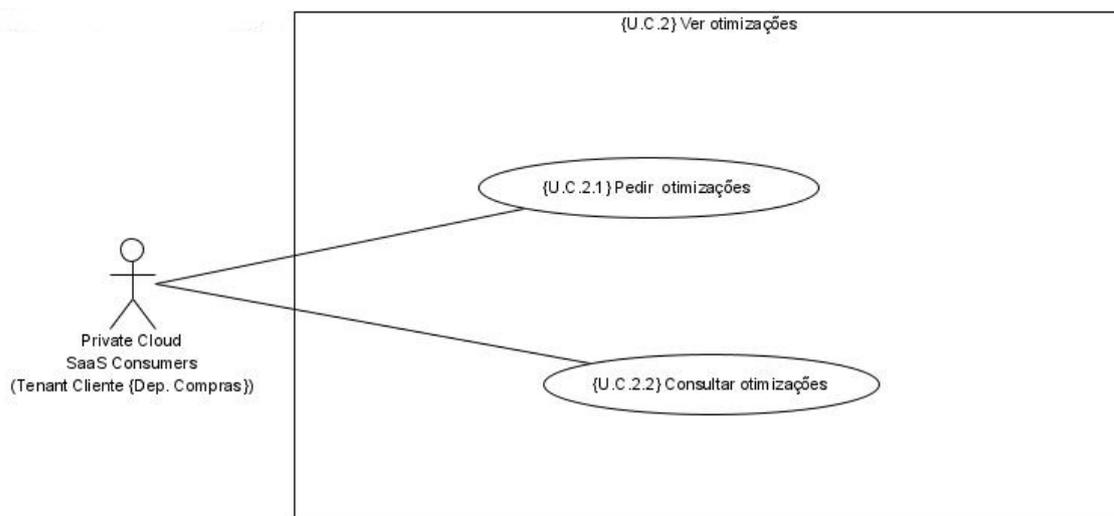


Figura 15 - Caso de Uso {U.C.2} Ver otimizações

O **{U.C.2.1} Pedir otimizações** pode ainda ser detalhado num nível mais abaixo com os casos de uso folha: **{U.C.2.1.1} Pedir otimização de Demand Plan; {U.C.2.1.2} Pedir otimização de Purchase Plan**

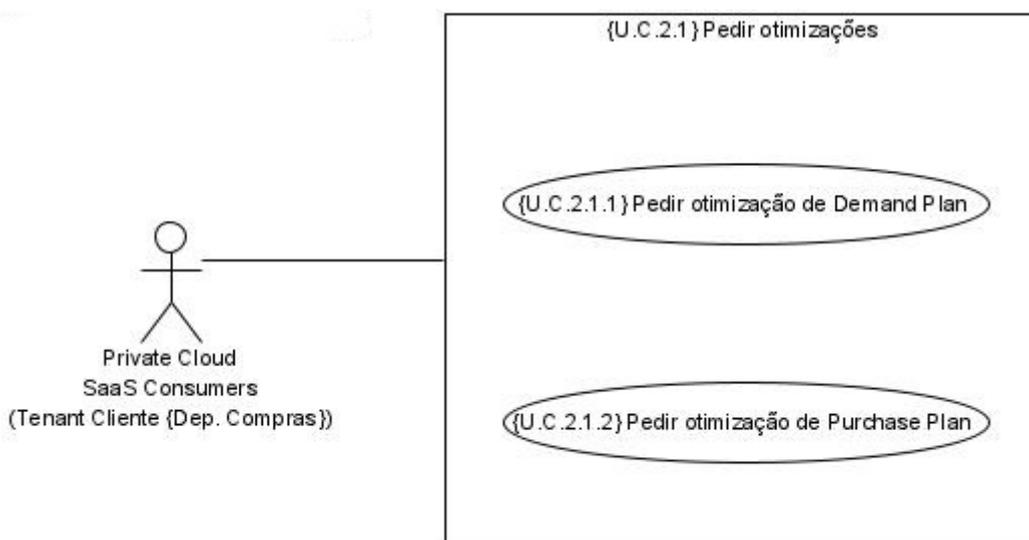


Figura 16 - Caso de Uso {U.C.2.1} Pedir otimizações

{U.C.2.1.1} Pedir otimização de Demand Plan: O dep. de compras poderá pedir a otimização de demand plan, para isso terá também de inserir os *inputs* necessários

{U.C.2.1.2} Pedir otimização de Purchase Plan: O dep. de compras poderá pedir a otimização de purchase plan, para isso terá também de inserir os *inputs* necessários

O **{U.C.2.2} Consultar otimizações** pode ainda ser detalhado num nível mais abaixo com os casos de uso folha: **{U.C.2.2.1} Consultar otimização de Demand Plan;** **{U.C.2.2.2} Consultar otimização de Purchase Plan.**

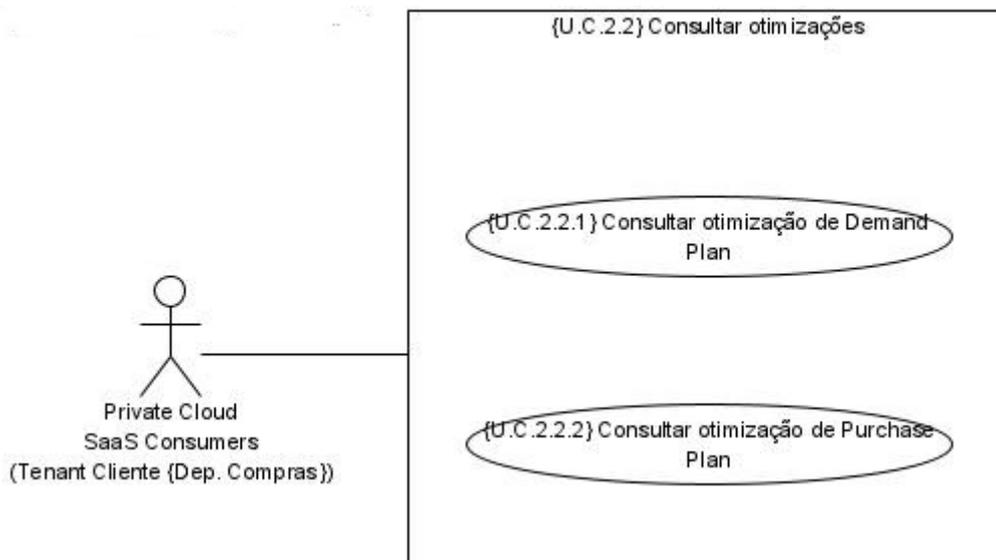


Figura 17 - Caso de Uso {U.C.2.2} Consultar otimizações

{U.C.2.2.1} Consultar otimização de Demand Plan: O dep. de compras poderá consultar a otimização de demand plan

{U.C.2.2.2} Consultar otimização de Purchase Plan: O dep. de compras poderá consultar a otimização de purchase plan.

{U.C.3} Gerir Previsões

Este caso de uso está relacionado com a gestão de previsões e é despoletado pelo *{U.C.1.1} – Pedir Previsões*. De seguida podemos ver este caso de uso com mais detalhe na

descrição do: **{U.C.3.1} Comunicar dados; {U.C.3.2} Armazenar dados ERP; {U.C.3.3} Executar Previsões.**

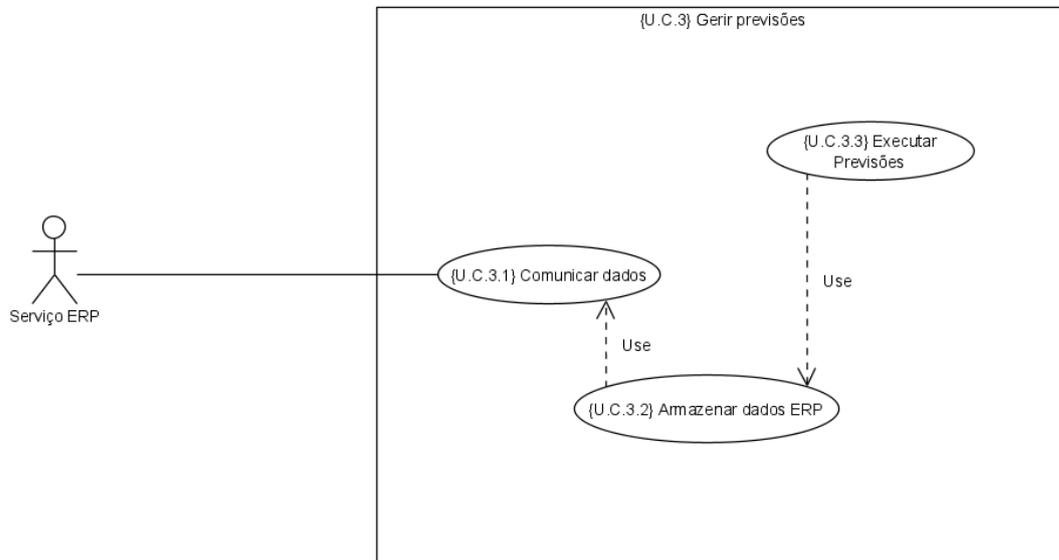


Figura 18 - Caso de Uso {U.C.3} Gerir Previsões

O **{U.C.3.1} Comunicar dados** pode ainda ser detalhado num nível mais abaixo com os casos de uso: **{U.C.3.1.1} Comunicar encomendas de clientes e prazos de entrega; {U.C.3.1.2} Comunicar histórico de encomendas de clientes e prazos de entrega; {U.C.3.1.3} Comunicar encomendas a fornecedores e prazos de entregas; {U.C.3.1.4} Comunicar histórico de encomendas a fornecedores e prazos de entrega; {U.C.3.1.5} Comunicar produtos e estruturas de produtos; {U.C.3.1.6} Comunicar nível atual de stock; {U.C.3.1.7} Comunicar histórico de consumos; {U.C.3.1.8} Comunicar reservas de stock e reservas de encomendas a fornecedor; {U.C.3.1.9} Comunicar capacidades das máquinas de produção; {U.C.3.1.10} Comunicar lead times; {U.C.3.1.11} Comunicar lista de fornecedores; {U.C.3.1.12} Comunicar lista de clientes.**

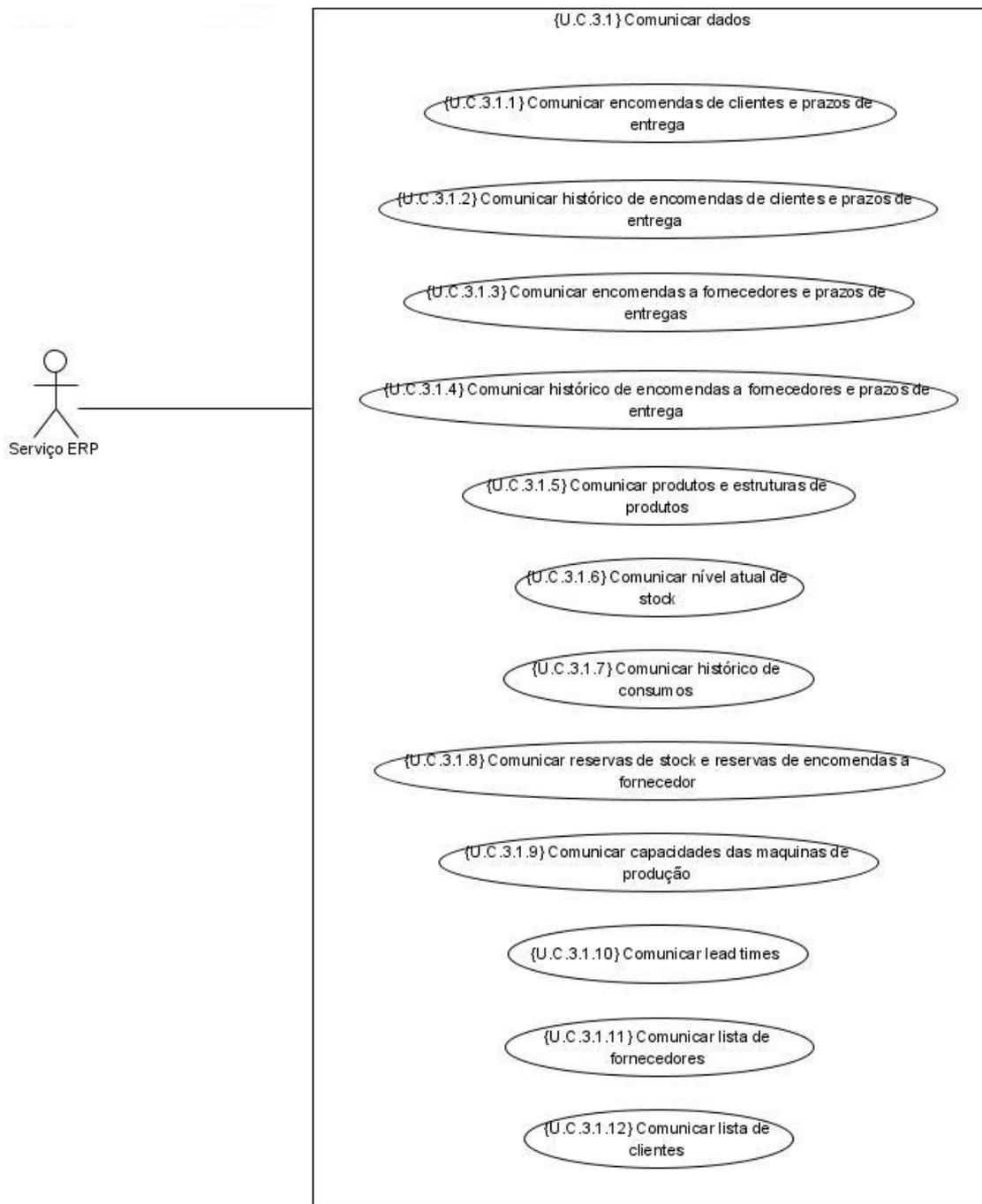


Figura 19 - Caso de Uso {U.C.3.1} Comunicar Dados

{U.C.3.1.1} Comunicar encomendas de clientes e prazos de entrega: Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção das informações sobre as encomendas de clientes e prazos de entrega

{U.C.3.1.2} Comunicar histórico de encomendas de clientes e prazos de entrega: Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção das informações sobre o histórico de encomendas de clientes e prazos de entrega

{U.C.3.1.3} Comunicar encomendas a fornecedores e prazos de entregas: Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção das informações sobre o histórico de encomendas a fornecedores e prazos de entregas

{U.C.3.1.4} Comunicar histórico de encomendas a fornecedores e prazos de entrega: Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção do histórico de encomendas a fornecedores e prazos de entrega

{U.C.3.1.5} Comunicar produtos e estruturas de produtos: Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção das informações sobre os produtos e as respetivas estruturas

{U.C.3.1.6} Comunicar nível atual de stock: Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção das informações sobre o stock atual

{U.C.3.1.7} Comunicar histórico de consumos: Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção das informações sobre o histórico de consumos de matéria prima e produtos intermédios.

{U.C.3.1.8} Comunicar reservas de stock e reservas de encomendas a fornecedor: Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção das informações reservas de stock e reservas de encomendas a fornecedor.

{U.C.3.1.9} Comunicar capacidades das máquinas de produção: Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção das informações sobre a capacidade de produção

{U.C.3.1.10} Comunicar lead times: Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção das informações sobre lead times de produção

{U.C.3.1.11} Comunicar lista de fornecedores: Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção da lista de fornecedores.

{U.C.3.1.12} Comunicar lista de clientes: Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção da lista de clientes

{U.C.3.2} Armazenar dados ERP: A *cloud* deve ser capaz de armazenar os dados enviados pelo ERP no {U.C.3.1}

{U.C.3.3} Executar Previsões: Operação interna da plataforma que executa as previsões pedidas conforme os dados inseridos pelo utilizador e com base nos dados recebidos pelo ERP.

{U.C.4} Gerir Otimizações

Este caso de uso está relacionado com a gestão de otimizações e é despoletado pelo *{U.C.2.1} – Pedir otimizações*. De seguida podemos ver este caso de uso com mais detalhe na descrição do: **{U.C.4.1} Comunicar dados; {U.C.4.2} Armazenar dados ERP; {U.C.4.3} Executar Otimizações.**

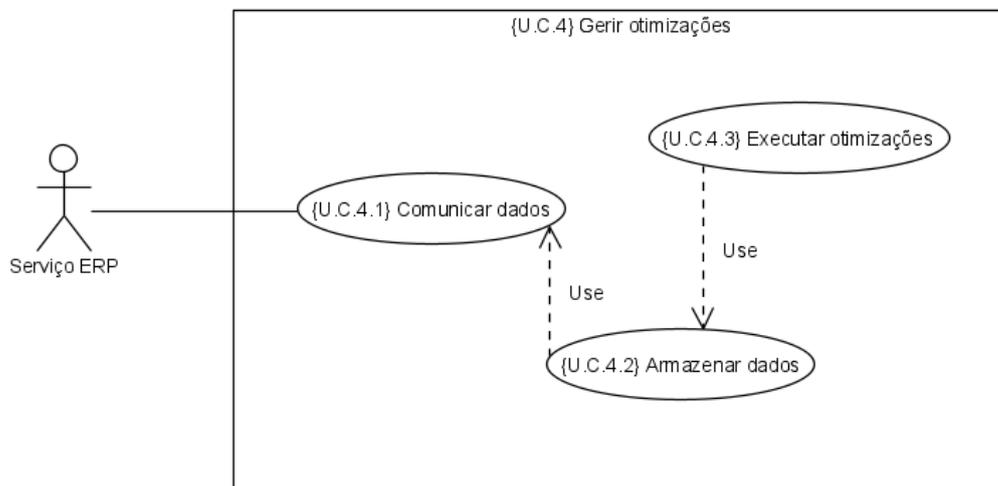


Figura 20 - Caso de Uso {U.C.4} Gerir Otimizações

O **{U.C.4.1} Comunicar dados** pode ainda ser detalhado num nível mais abaixo com os casos de uso: **{U.C.4.1.1} Comunicar encomendas de clientes e prazos de entrega;** **{U.C.4.1.2} Comunicar histórico de encomendas de clientes e prazos de entrega;** **{U.C.4.1.3} Comunicar encomendas a fornecedores e prazos de entregas;** **{U.C.4.1.4} Comunicar histórico de encomendas a fornecedores e prazos de entrega;** **{U.C.4.1.5} Comunicar produtos e estruturas de produtos;** **{U.C.4.1.6} Comunicar nível atual de stock;** **{U.C.4.1.7} Comunicar histórico de consumos;** **{U.C.4.1.8} Comunicar reservas de stock e reservas de encomendas a fornecedor;** **{U.C.4.1.9} Comunicar capacidades das máquinas de produção;** **{U.C.4.1.10} Comunicar lead times;** **{U.C.4.1.11} Comunicar lista de fornecedores;** **{U.C.4.1.12} Comunicar lista de clientes.**

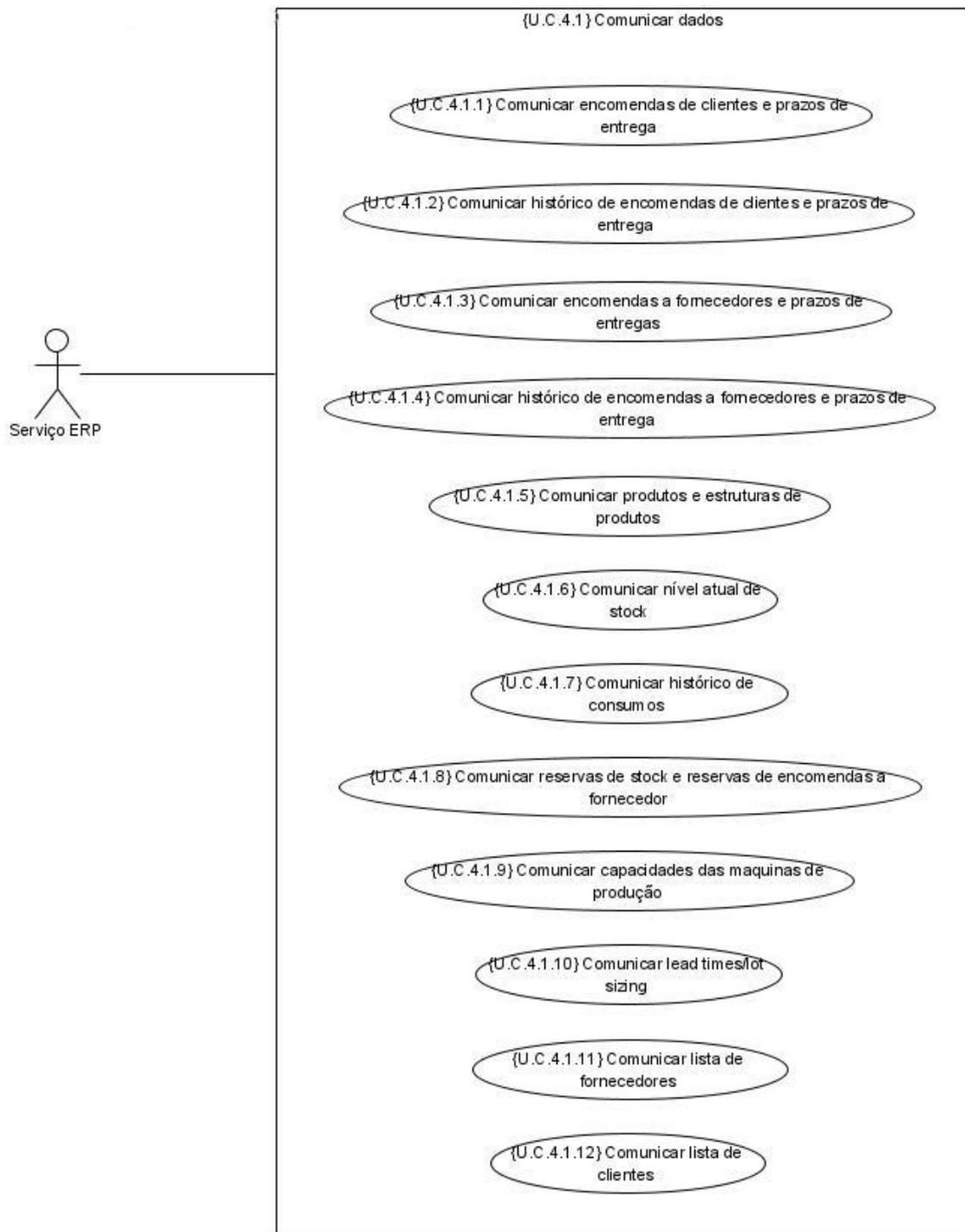


Figura 21 - Caso de Uso {U.C.4.1} Comunicar Dados

{U.C.4.1.1} Comunicar encomendas de clientes e prazos de entrega: Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção das informações sobre as encomendas de clientes e prazos de entrega

{U.C.4.1.2} Comunicar histórico de encomendas de clientes e prazos de entrega:

Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção das informações sobre o histórico de encomendas de clientes e prazos de entrega

{U.C.4.1.3} Comunicar encomendas a fornecedores e prazos de entregas:

Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção das informações sobre o histórico de encomendas a fornecedores e prazos de entregas

{U.C.4.1.4} Comunicar histórico de encomendas a fornecedores e prazos de entrega:

Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção do histórico de encomendas a fornecedores e prazos de entrega

{U.C.4.1.5} Comunicar produtos e estruturas de produtos:

Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção das informações sobre os produtos e as respetivas estruturas

{U.C.4.1.6} Comunicar nível atual de stock:

Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção das informações sobre o stock atual

{U.C.4.1.7} Comunicar histórico de consumos:

Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção das informações sobre o histórico de consumos de matéria prima e produtos intermédios.

{U.C.4.1.8} Comunicar reservas de stock e reservas de encomendas a fornecedor:

Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção das informações reservas de stock e reservas de encomendas a fornecedor.

{U.C.4.1.9} Comunicar capacidades das máquinas de produção:

Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção das informações sobre a capacidade de produção

{U.C.4.1.10} Comunicar lead times:

Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção das informações sobre lead times de produção

{U.C.4.1.11} Comunicar lista de fornecedores:

Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção da lista de fornecedores.

{U.C.4.1.12} Comunicar lista de clientes:

Criação de uma ligação entre o ERP e a plataforma para receção da lista de clientes

{U.C.4.2} Armazenar dados ERP: A *cloud* deve ser capaz de armazenar os dados enviados pelo ERP no {U.C.4.1}

{U.C.4.3} Executar otimizações: Operação interna da plataforma que executa as otimizações pedidas conforme os dados inseridos pelo utilizador e com base nos dados recebidos pelo ERP

{U.C.5} Gerir Localização de Mercadoria

Este caso de uso representa as funcionalidades relacionadas com a gestão da localização de matérias primas e produtos acabados (ou semiacabados). De seguida podemos ver este caso de uso com mais detalhe na descrição do: **{U.C.5.1} Registrar containers;** **{U.C.5.2} Registrar locais;** **{U.C.5.3} Registrar veículos;** **{U.C.5.4} Enviar posição indoor de container;** **{U.C.5.5} Enviar posição outdoor de container;** **{U.C.5.6} Consultar lista de containers com indicação da ultima posição;** **{U.C.5.7} Consultar histórico de movimentos e posições de um container**

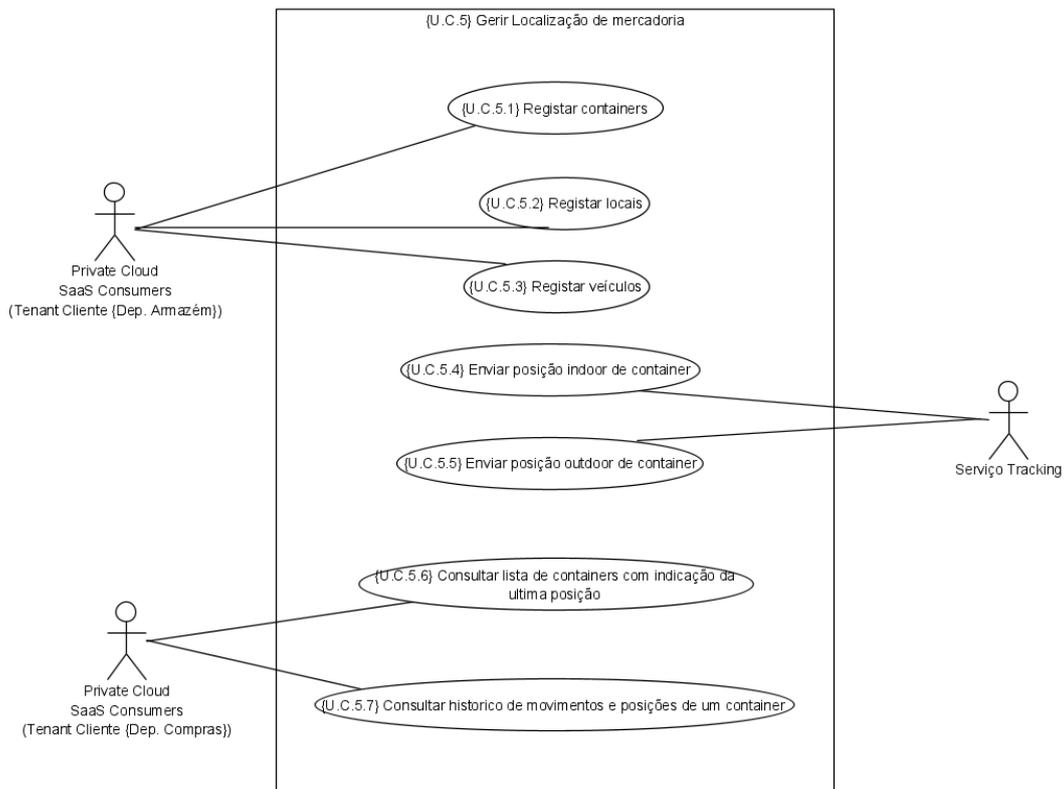


Figura 22 - Caso de Uso {U.C.5} Gerir localização de mercadoria

O **{U.C.5.1} Registrar containers** pode ainda ser detalhado num nível mais abaixo com os casos de uso folha: **{U.C.5.1.1} Registrar id das tags de cada container**; **{U.C.5.1.2} Alterar id das tags de cada container**; **{U.C.5.1.3} Registrar tipo de container**; **{U.C.5.1.4} Atualizar tipo de container**; **{U.C.5.1.5} Registrar produtos do container**; **{U.C.5.1.6} Alterar produtos do container**; **{U.C.5.1.7} Esvaziar container**.

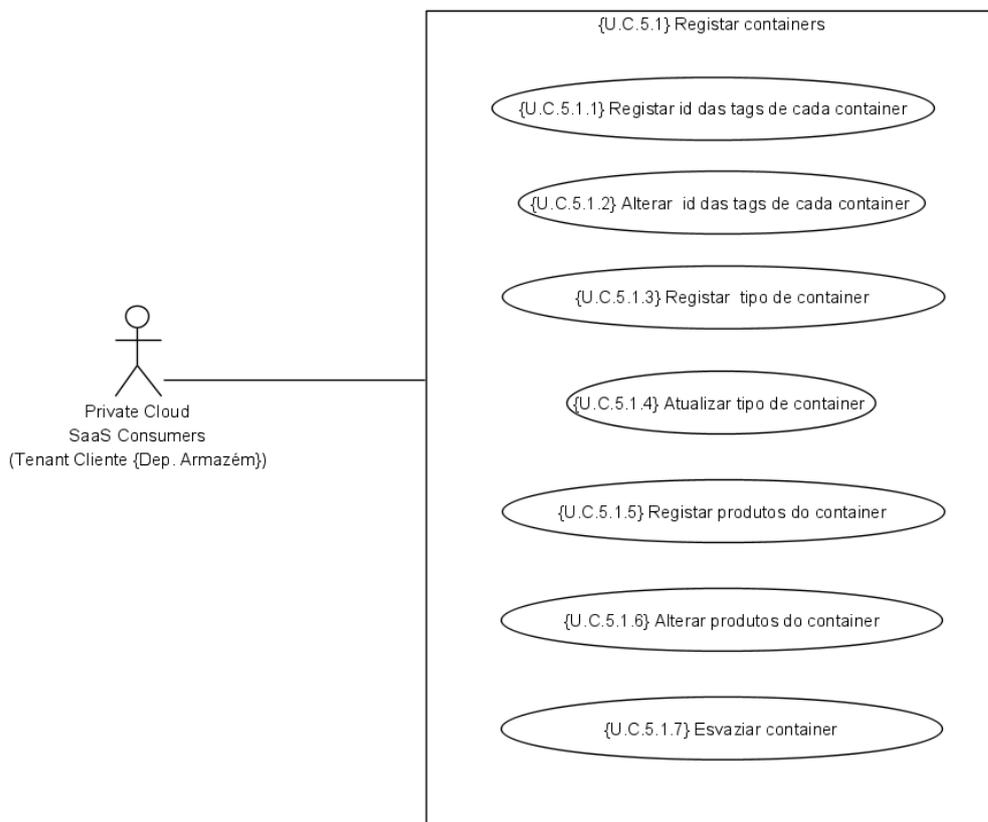


Figura 23 - Caso de Uso {U.C.5.1} Registrar containers

{U.C.5.1.1} Registrar id das tags de cada container: O sistema deve permitir que o utilizador registre containers através dos ids das tags ble beacon que cada container tem.

{U.C.5.1.2} Alterar id das tags de cada container: O sistema deve permitir que o utilizador altere os ids das tags ble beacon que cada container tem.

{U.C.5.1.3} Registrar tipo de container: Cada container tem um "tipo" associado, por exemplo, "europalete 120x80cm", "palete americana 120x100 cm", etc. Este requisito permite que o utilizador adicione o tipo de um container.

{U.C.5.1.4} Atualizar tipo de container: Este requisito permite que o utilizador atualize o tipo de um container.

{U.C.5.1.5} Registrar produtos do container: O sistema deve permitir que o utilizador registre os produtos de containers através da identificação da tag ble beacon do container e indicação do produto, lote, quantidade e o container de destino no caso de transferência.

{U.C.5.1.6} Alterar produtos do container: O sistema deve permitir que o utilizador altere os produtos de um container (por exemplo retirar certos produtos) através da identificação da tag ble beacon do container

{U.C.5.1.7} Esvaziar container O sistema deve permitir que o utilizador registre que o container está vazio e disponível depois de retornar da cadeia de distribuição.

O **{U.C.5.2} Registrar locais** pode ainda ser detalhado num nível mais abaixo com os casos de uso folha: **{U.C.5.2.1} Criar local;** **{U.C.5.2.2} Atualizar local;** **{U.C.5.2.3} Apagar locais;** **{U.C.5.2.4} Consultar locais**

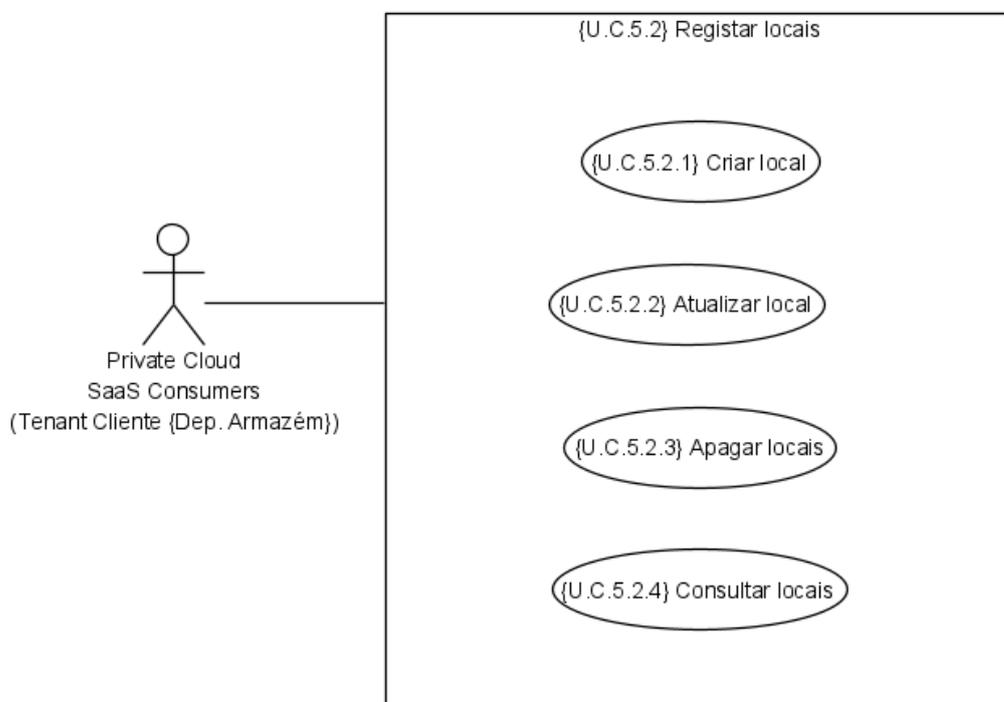


Figura 24 - Caso de Uso {U.C.5.2} Registrar locais

{U.C.5.2.1} Criar local: O sistema deve permitir que o utilizador do sistema registre locais, áreas, subáreas cobertas pela rede de antenas ble (indoor).

{U.C.5.2.2} Atualizar local: O sistema deve permitir que o utilizador do sistema atualize locais, áreas, subáreas cobertas pela rede de antenas ble (indoor).

{U.C.5.2.3} Apagar locais: O sistema deve permitir que o utilizador do sistema apague locais, áreas, subáreas cobertas pela rede de antenas ble (indoor).

{U.C.5.2.4} Consultar locais: O sistema deve permitir que o utilizador do sistema consulte locais, áreas, subáreas cobertas pela rede de antenas ble (indoor).

O **{U.C.5.3} Registrar veículos** pode ainda ser detalhado num nível mais abaixo com os casos de uso folha: **{U.C.5.3.1} Criar veículo;** **{U.C.5.3.2} Atualizar veículo;** **{U.C.5.3.3} Apagar veículos;** **{U.C.5.3.4} Consultar veículos**

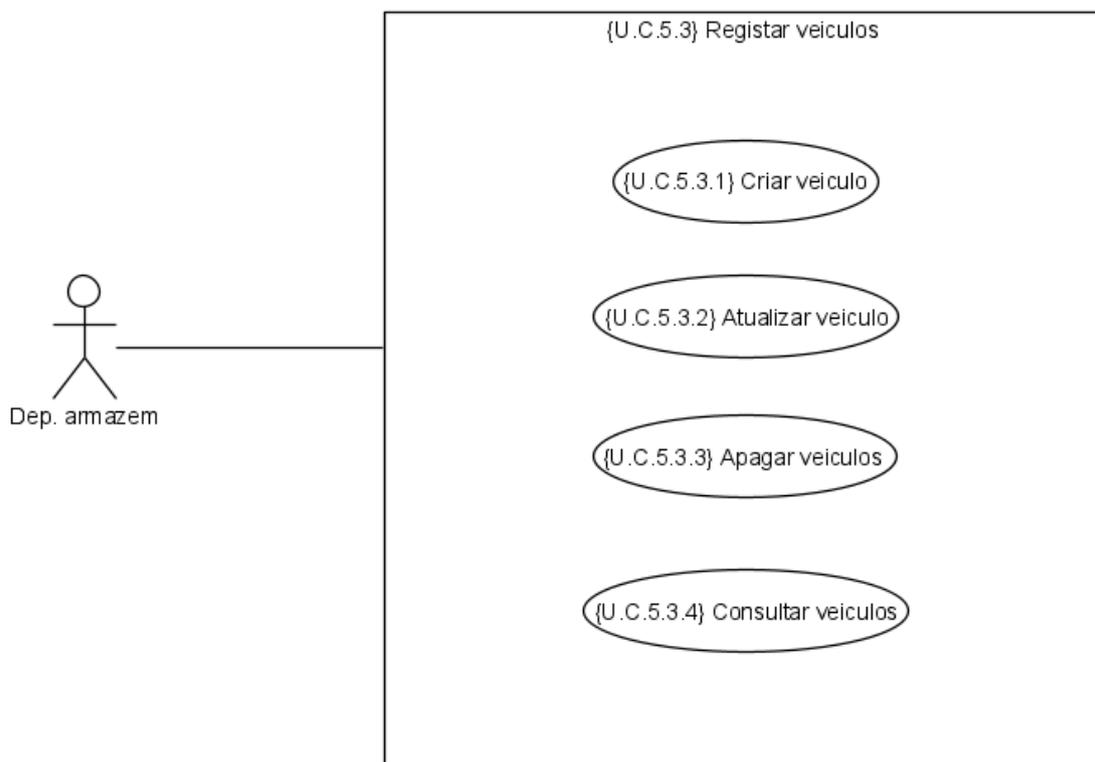


Figura 25 - Caso de Uso {U.C.5.3} Registrar veículos

{U.C.5.3.1} Criar veículo: O sistema deve permitir que o utilizador do sistema registre veículos com identificação do id do dispositivo embarcado (antena ble, gps e lte-m/nb-iot) e dados do veículo para serem usados em posicionamento no transporte (outdoor).

{U.C.5.3.2} Atualizar veículo: O sistema deve permitir que o utilizador do sistema atualize veículos com identificação do id do dispositivo embarcado (antena ble, gps e lte-m/nb-iot) e dados do veículo para serem usados em posicionamento no transporte (outdoor).

{U.C.5.3.3} Apagar veículos: O sistema deve permitir que o utilizador do sistema apague veículos com identificação do id do dispositivo embarcado (antena ble, gps e lte-m/nb-iot) e dados do veículo para serem usados em posicionamento no transporte (outdoor).

{U.C.5.3.4} Consultar veículos: O sistema deve permitir que o utilizador do sistema consulte veículos com identificação do id do dispositivo embarcado (antena ble, gps e lte-m/nb-iot) e dados do veículo para serem usados em posicionamento no transporte (outdoor).

{U.C.5.4} Enviar posição indoor de container: Cria ligação entre a plataforma e o serviço de tracking e permite que este envie a posição do container referente a um local, área, subárea (indoor) que será armazenada internamente.

{U.C.5.5} Enviar posição outdoor de container: : Cria ligação entre a plataforma e o serviço de tracking e permite que este envie remova a posição do container referente a uma posição gps (latitude, longitude e id do veiculo - no caso de estar em transporte) (outdoor).

{U.C.5.6} Consultar lista de containers com indicação da última posição: O sistema deve permitir que o utilizador visualize uma lista com todos os containers e a última posição registada de cada.

{U.C.5.7} Consultar histórico de movimentos e posições de um container: O sistema deve permitir que o utilizador todas as posições registadas para um específico container.

{U.C.6} Gerir Compras

Este caso de uso representa as funcionalidades relacionadas com a gestão de compras de matéria prima. De seguida podemos ver este caso de uso com mais detalhe na descrição do:

{U.C.6.1} Enviar proposta de fornecimento; {U.C.6.2} Consultar propostas de fornecimento; {U.C.6.3} Enviar proposta escolhida; {U.C.6.4} Receber proposta escolhida.

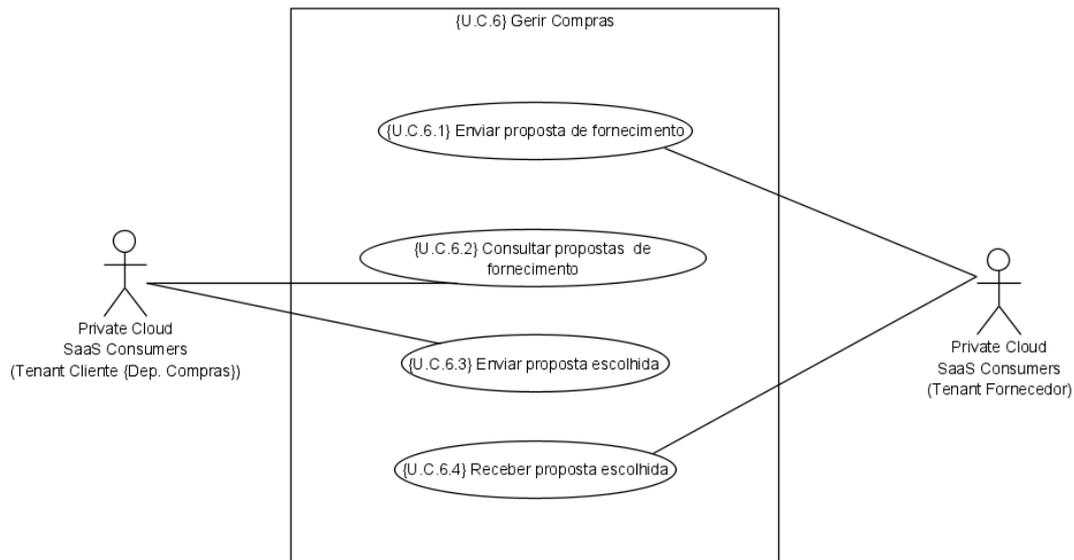


Figura 26 - Caso de Uso {U.C.6} Gerir Compras

{U.C.6.1} Enviar proposta de fornecimento: Cria ligação entre a plataforma e o sistema do fornecedor para que este possa enviar as propostas de fornecimento disponíveis. Estas são armazenadas e ficam disponíveis para consulta (R4.2).

{U.C.6.2} Consultar propostas de fornecimento: Permite que o departamento de compras consulte as propostas enviadas pelos fornecedores.

{U.C.6.3} Enviar proposta escolhida: O utilizador do departamento de compras pode seleccionar as propostas de fornecimento que quer e esta escolha é enviada para o fornecedor em caso.

{U.C.6.4} Receber proposta escolhida: Cria ligação entre a plataforma e o sistema do fornecedor para que este receba quais as suas propostas que foram seleccionadas.

{U.C.7} Avaliar Cadeia de Fornecimento

Este caso de uso representa as funcionalidades relacionadas com a avaliação da cadeia de fornecimento por parte do departamento de compras utilizando métricas SCOR. De seguida podemos ver este caso de uso com mais detalhe na descrição do: **{U.C.7.1} Consultar ciclo de produção e testagem; {U.C.7.2} Consultar lead time de cada fornecedor; {U.C.7.3} Consultar stock em dias; {U.C.7.4} Consultar stock em Euros.**

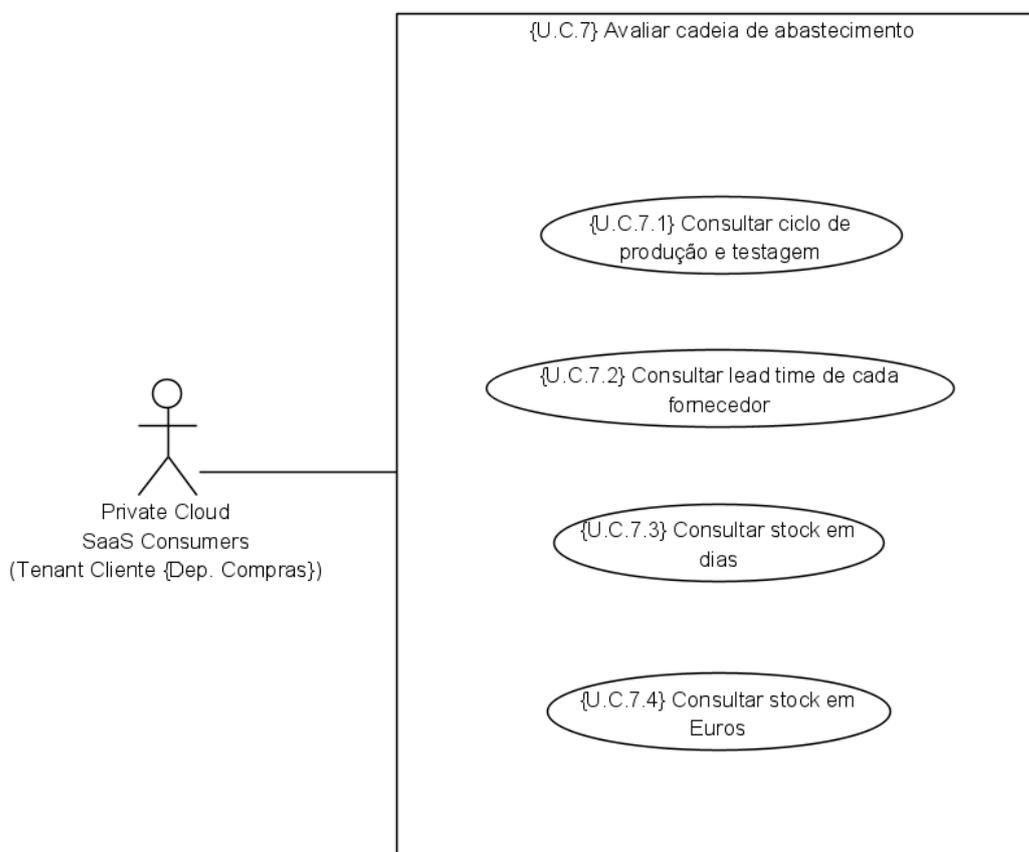


Figura 27 - Caso de Uso {U.C.7} Avaliar cadeia de fornecimento

{U.C.7.1} Consultar ciclo de produção e testagem: Permite que o utilizador do departamento de compras consulte os diferentes lead times de produção.

{U.C.7.2} Consultar lead time de cada fornecedor: Permite que o utilizador do departamento de compras consulte o tempo que cada fornecedor demora a entregar o pedido (lead time do fornecedor).

{U.C.7.3} Consultar stock em dias: Permite que o utilizador do departamento de compras consulte a quantidade de stock expressa em dias de vendas.

{U.C.7.4} Consultar stock em Euros: Permite que o utilizador do departamento de compras consulte a quantidade de stock expressa em euros.

{U.C.8} Gerir Serviços de Interoperabilidade

Este caso de uso representa as funcionalidades relacionadas com a gestão de serviços de interoperabilidade por parte do administrador. De seguida podemos ver este caso de uso com mais detalhe na descrição do: **{U.C.8.1} Criar serviços de interoperabilidade; {U.C.8.2} Consultar serviços de interoperabilidade; {U.C.8.3} Atualizar serviços de interoperabilidade.**

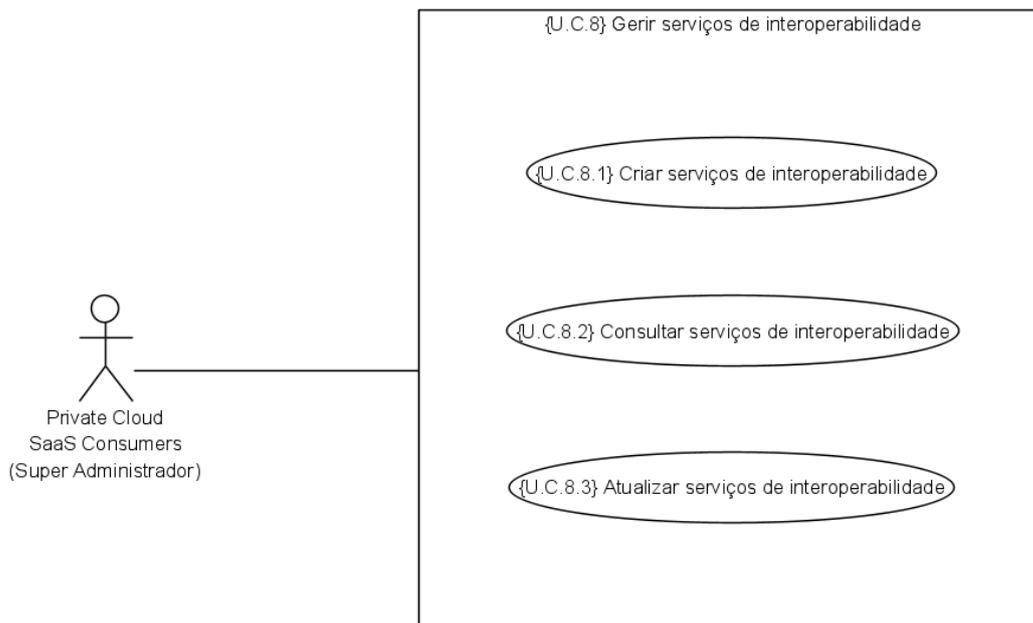


Figura 28 - Caso de Uso {U.C.8} Gerir serviços de interoperabilidade

{U.C.8.1} Criar serviços de interoperabilidade: Na perspetiva dos *private cloud SaaS consumers* (super administrador), são executadas as atividades de gestão e configuração dos serviços de interoperabilidade a plataforma colaborativa e sistemas de informação de terceiros

{U.C.8.2} Consultar serviços de interoperabilidade: Permite ao super administrador consultar os atuais serviços de interoperabilidade entre a plataforma colaborativo e sistemas de informação de terceiros.

{U.C.8.3} Atualizar serviços de interoperabilidade: Permite que o administrador atualize os mecanismos para suportar os serviços de interoperabilidade entre a plataforma colaborativa e sistemas de informação de terceiros.

{U.C.9} Gerir Tenants

Este caso de uso representa as funcionalidades relacionadas com a gestão de tenants por parte do administrador da plataforma. De seguida podemos ver este caso de uso com mais detalhe na descrição do: **{U.C.9.1} Criar tenants; {U.C.9.2} Consultar tenants; {U.C.9.3} Atualizar tenants.**

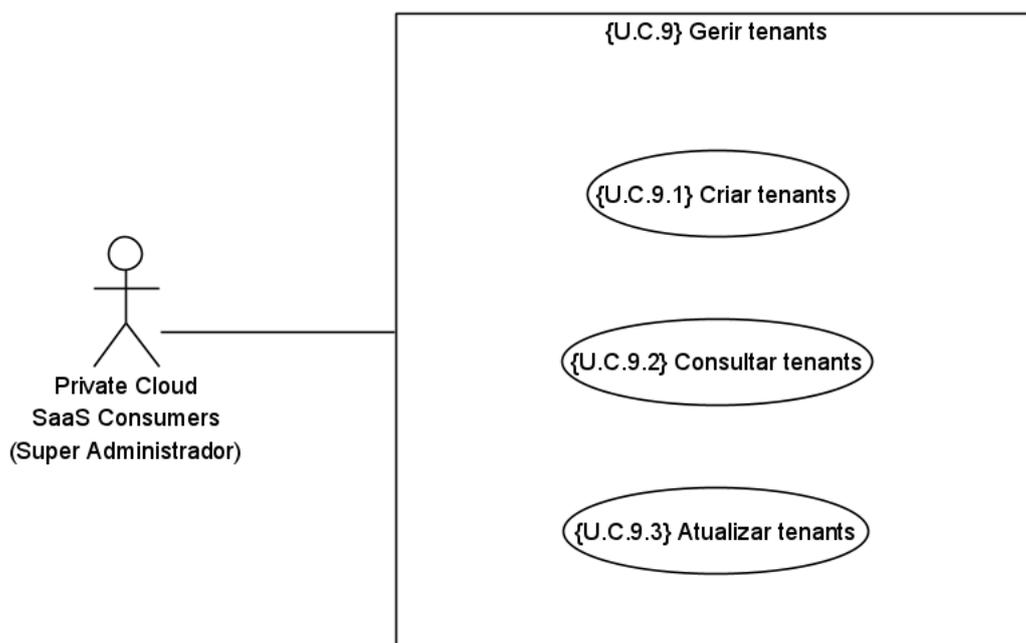


Figura 29 - Caso de Uso {U.C.9} Gerir Tenants

{U.C.9.1} Criar tenants: O administrador pode criar diferentes tenants dentro do sistema e dar-lhes permissões. Cada tenant por sua vez terá diferentes utilizadores ({U.C.10}).

{U.C.9.2} Consultar tenants: O administrador pode consultar os tenants criados.

{U.C.9.3} Atualizar tenants: O administrador pode atualizar o estado de cada tenant (ativo/desativo/eliminado) bem como as suas permissões.

{U.C.10} Gerir Utilizadores

Este caso de uso representa as funcionalidades relacionadas com a gestão de utilizadores por parte do administrador da plataforma. De seguida podemos ver este caso de uso com mais detalhe

na descrição do: **{U.C.10.1} Criar utilizadores;** **{U.C.10.2} Consultar utilizadores;** **{U.C.10.3} Atualizar utilizadores.**

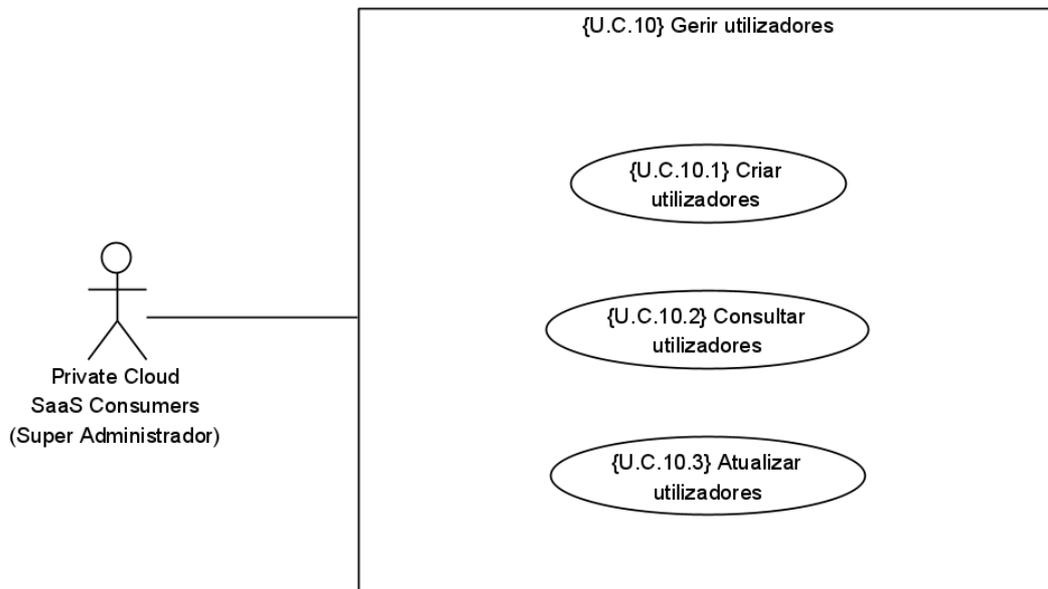


Figura 30 - Caso de Uso {U.C.10} Gerir Utilizadores

{U.C.10.1} Criar utilizadores: Associado a cada tenant o administrador pode criar diferentes utilizadores, e os seus perfis.

{U.C.10.2} Consultar utilizadores: O administrador pode consultar os utilizadores de cada tenant e as informações respetivas.

{U.C.10.3} Atualizar utilizadores: O administrador pode alterar os utilizadores criados, pode atualizar o estado (ativo/inativo/eliminado), permissões ou informações associadas a cada (como *username* ou password).

{U.C.11} Gerir Autorizações

Este caso de uso representa as funcionalidades relacionadas com a gestão de autorizações por parte do administrador da plataforma. De seguida podemos ver este caso de uso com mais detalhe na descrição do: **{U.C.11.1} Gerir permissões;** **{U.C.11.2} Recuperar conta;** **{U.C.11.3} Autenticação de conta.**

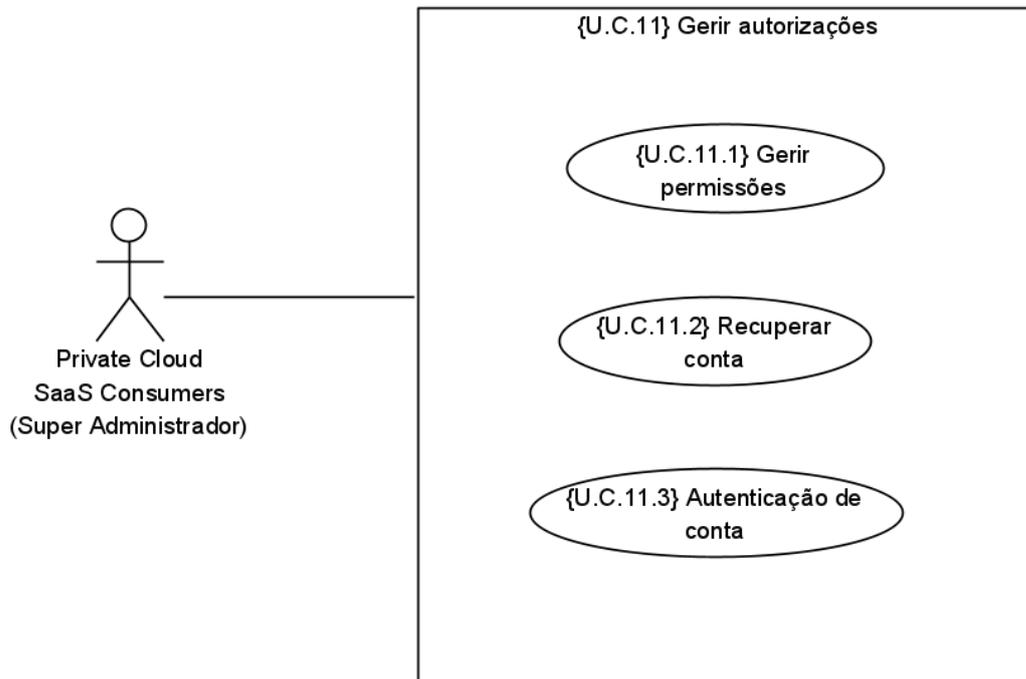


Figura 31 - Caso de Uso {U.C.3.3} Gerir autorizações

{U.C.11.1} Gerir permissões: Cada utilizador está associado a um tenant e por isso terão a seu acesso o catálogo de funções do respetivo tenant, no entanto cada utilizador pode ter diferentes permissões dentro destas opções. Este requisito permite o administrador atribuir e atualizar estas permissões.

{U.C.11.2} Recuperar conta: O administrador pode recuperar contas de utilizadores.

{U.C.11.3} Autenticação de conta: Permite associar uma palavra passe a um nome de utilizador

Pública, medir a utilização de recursos e a gestão do nível de serviço, como parâmetros de QoS (SLA).

{U.C.14} Gerir de portabilidade e interoperabilidade: Inclui os mecanismos para suportar a portabilidade dos dados, a interoperabilidade de serviços e a portabilidade de sistemas. Na perspectiva dos *public cloud consumers*, são executadas as atividades de portabilidade dos dados e interoperabilidade dos serviços entre os dados da plataforma previsional e sistemas de informação de informação externos.

{U.C.15} Gerir segurança e privacidade: Executa um conjunto de funcionalidades que permitem ao administrador da plataforma *cloud* pública (que corre a Plataforma previsional) gerir backups, monitorizar atividades e configurar controlos de acesso. Numa lógica de partilha de responsabilidades entre o *Public Cloud Provider* e *Public Cloud Consumers*, estes componentes são disponibilizados pelo *Provider* para acessos privilegiados aos serviços *PaaS*.

Gestão da Plataforma *Cloud* Privada

Dentro dos casos de uso de gestão de *cloud* privada temos: **{U.C.16} Gerir suporte de contas;** **{U.C.17} Gerir aprovisionamento e configuração de serviços;** **{U.C.18} Gerir de portabilidade e interoperabilidade;** **{U.C.19} Gerir segurança e privacidade.**

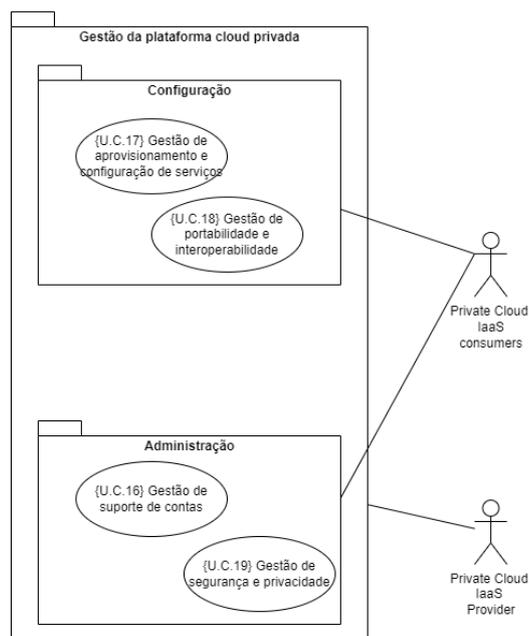


Figura 33 - Caso de Uso de Gestão da plataforma de cloud privada

{U.C.16} Gerir suporte de contas: Envolve o conjunto de serviços de suporte ao contrato entre o *private cloud* provider e o *private cloud* consumer. Inclui os componentes usados para executar estas operações de negócio, como gestão de contas, gestão de contrato, gestão de catálogo, gestão de faturação.

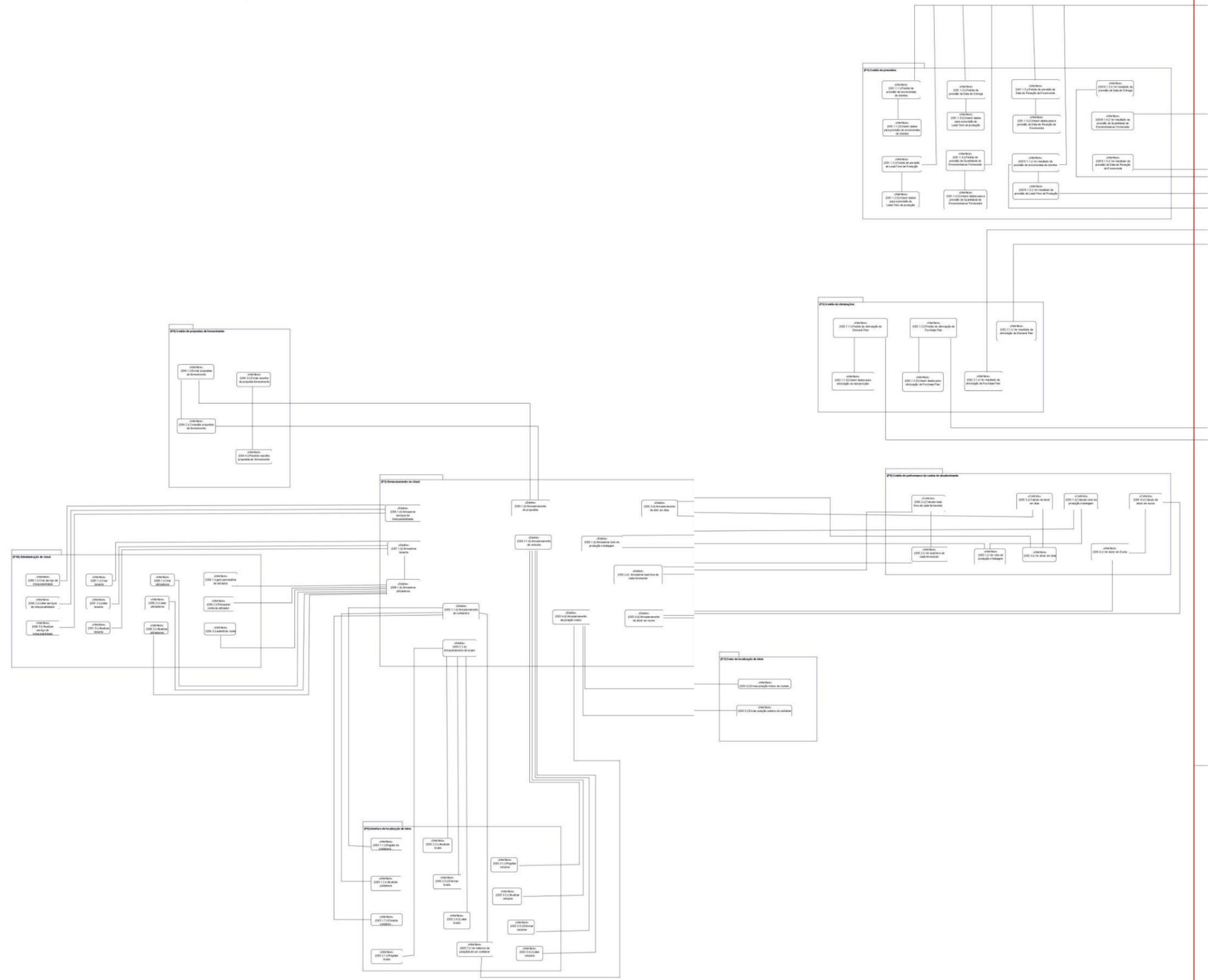
{U.C.17} Gerir aprovisionamento e configuração de serviços: Inclui o conjunto de serviços para aprovisionar, monitorizar e gerar relatórios sobre os serviços *cloud* da plataforma de *Cloud Privada*, medir a utilização de recursos e a gestão do nível de serviço, como parâmetros de QoS (SLA).

{U.C.18} Gerir de portabilidade e interoperabilidade: Inclui os mecanismos para suportar a portabilidade dos dados, a interoperabilidade de serviços e a portabilidade de sistemas. Na perspectiva dos *private cloud* consumers, são executadas as atividades de portabilidade dos dados e interoperabilidade dos serviços entre os dados da plataforma colaborativa e sistemas de informação de informação externos.

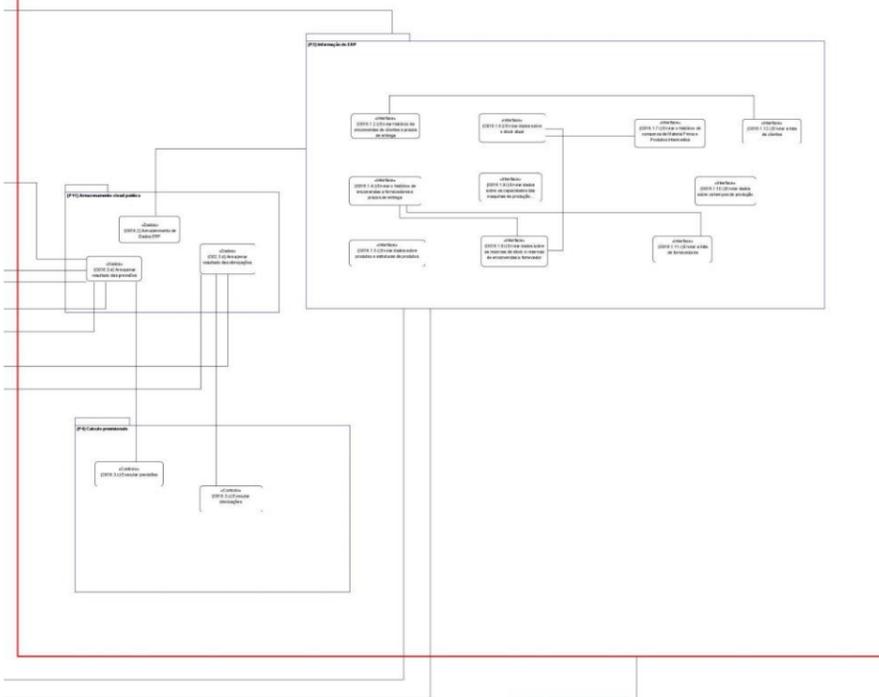
{U.C.19} Gerir segurança e privacidade: Executa um conjunto de funcionalidades que permitem ao administrador da plataforma *cloud* privada (que corre a Plataforma colaborativa) gerir backups, monitorizar atividades e configurar controlos de acesso. Numa lógica de partilha de responsabilidades entre o *Private Clou* Provider e *Private Cloud* Consumers, estes componentes são disponibilizados pelo Provider para acessos privilegiados aos serviços PaaS.

Anexo 2

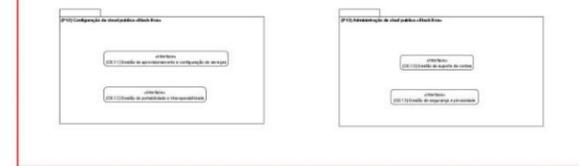
{A2} Gestão do domínio da cloud privada



{A1} Gestão de domio da cloud privada



{A3} Gestão da plataforma cloud pública



{A4} Gestão da plataforma cloud privada

