

Arquitetura orientada a serviços baseada no RAMI4.0 para o compartilhamento da memória digital do produto ao longo da cadeia de suprimentos

Henrique Abrantes Vitoi

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Engenharia de Controle e Automação Mecânica

24 de agosto de 2020

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Fundamentos
- 3 Arquitetura
- 4 Ciclo de vida
- 5 Metodologia
- 6 Considerações finais

Informações

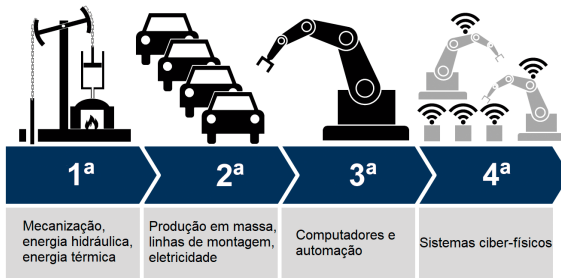
- Autor: Henrique Abrantes Vitoi
- Orientação: Prof. Dr. Fabrício Junqueira
- Coorientação: Prof. Dr. Paulo Eigi Miyagi
- Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos

Contextualização

- Cenário intrinsecamente globalizado
- Necessidade de eficiência em troca de informações, serviços e mercadoria
- Eficiência logística
- Logística da informação

Mudança de paradigma na Indústria

Figura 1: As revoluções industriais.

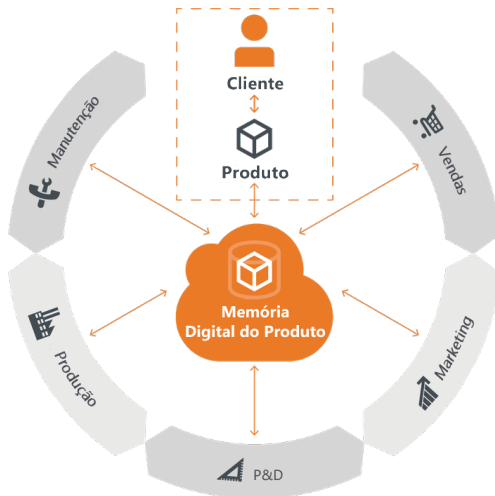


Princípios da I4.0:

- Interoperabilidade
- Transparência de informações
- Descentralização de decisões
- Assistência técnica

Memória digital do produto (MDP)

Figura 2: Coleta de dados do produto ao longo da cadeia de valores.



Objetivos do trabalho

- Elaboração de uma arquitetura orientada a serviços baseada no RAMI4.0
- Arquitetura para o compartilhamento da MDP ao longo da cadeia de suprimentos
- Integração do conceito de MDP ao RAMI4.0
- Mapeamento das operações de um Web Service ao RAMI4.0
- Proposta de estruturação dos dados da MDP
- Considerações do compartilhamento de informações do produto sobre o ciclo de vida do produto

Contribuição do trabalho

- Refinamento do Modelo de Arquitetura de Referência para I4.0 (RAMI4.0)
- Padronização do formato de compartilhamento de informações dos ativos entre empresas
- Eficiência logística

Fundamentação teórica

- Indústria 4.0
- Logística & Cadeia de Suprimentos
- Ciclo de vida do produto
- Memória digital do produto (MDP)
- Arquitetura orientada a serviços (SOA)
- Modelagem de sistemas

Indústria 4.0

- Conceitos

Conceito de I4.0 - Plattform Industrie 4.0

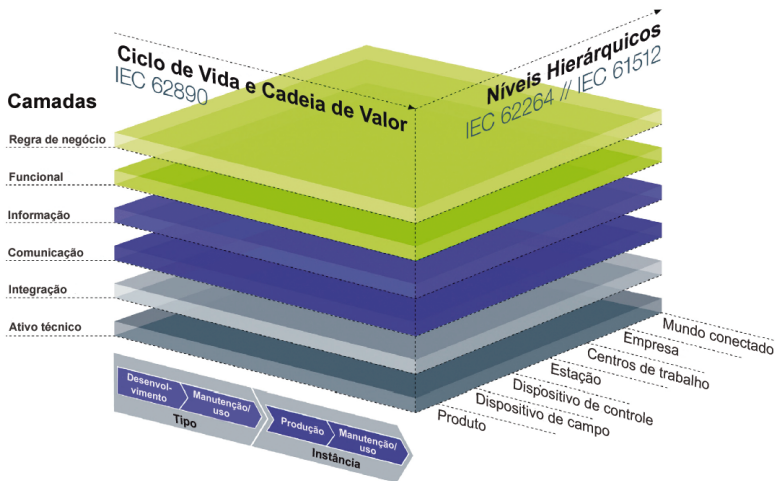
Indústria 4.0 refere-se à rede inteligente de máquinas e processos para a indústria com a ajuda das Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC).

Formas de se implementar redes empresariais inteligentes:

- Produção flexível
- Fábrica conversível
- Soluções orientadas ao consumidor
- Logística otimizada
- Uso de dados
- Economia circular com eficiência em recursos

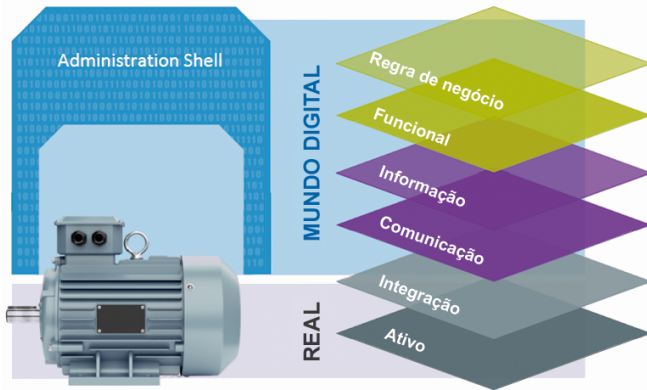
Indústria 4.0 - RAMI4.0

Figura 3: Representação do RAMI4.0.



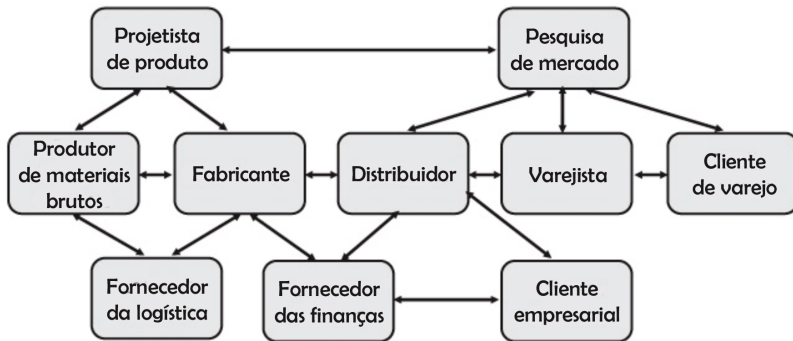
Indústria 4.0 - AAS

Figura 4: Representação do AAS como a parte virtual do Componente I4.0.



Logística & Cadeia de Suprimentos

Figura 5: Exemplo de cadeia de suprimentos estendida.

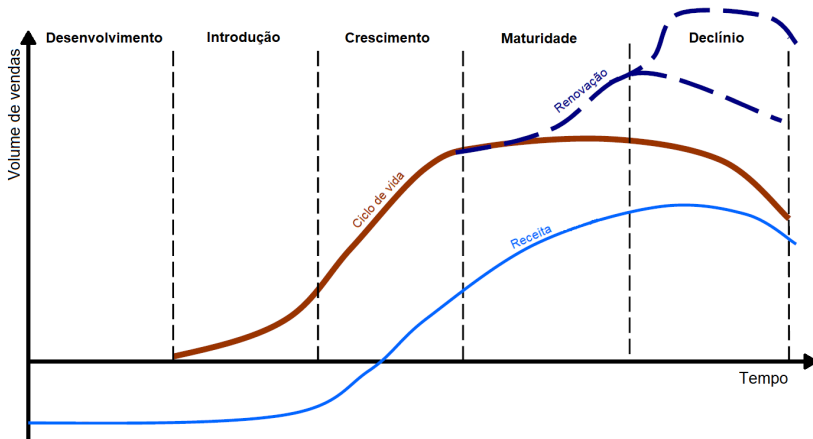


Logística & Cadeia de Suprimentos - Logística 4.0

- Maior integração entre os participantes da cadeia de suprimento
- Prazos de entrega menores
- Otimização de espaços e de custos de armazenagem
- Menor burocracia nos processos, elevando a produtividade e competitividade no mercado
- Geração de grande quantidade de dados como instrumentos de apoio nas tomadas de decisão
- Uso intensivo das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC)

Ciclo de vida do produto

Figura 6: Modelo de ciclo de vida do produto com renovação do produto.

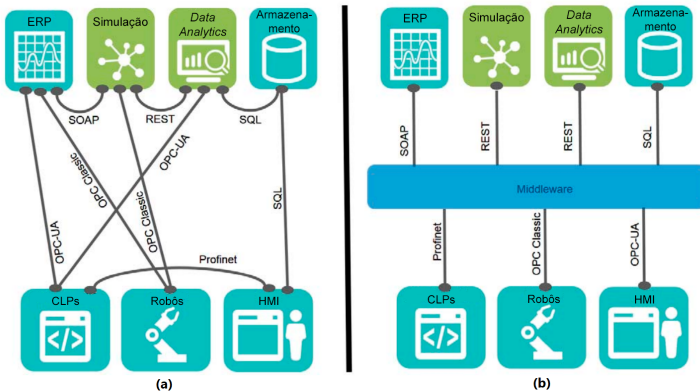


Memória digital do produto

- Analogia a um “diário”, contendo todas as informações do produto ao longo de seu ciclo de vida
- Sistemas que permitem a coleta de dados em todas as fases do ciclo de vida
- Compartilhamento de dados para as partes da cadeia de suprimentos
- Extração de valor a partir de dados (*Big Data & Data Analytics*)

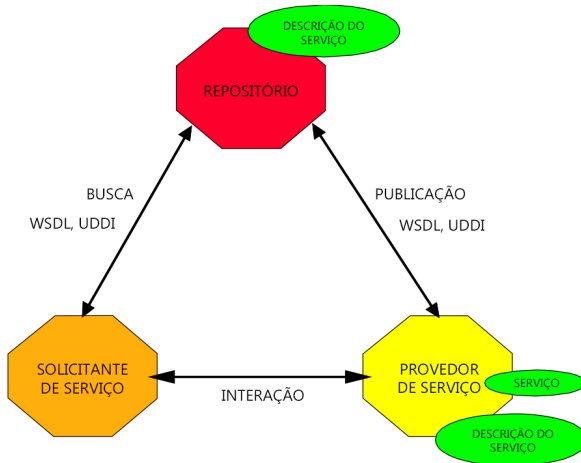
Arquitetura orientada a serviços

Figura 7: Interconexão entre os elementos do sistema (a) com um *middleware* e (b) sem um *middleware*.



Arquitetura orientada a serviços - Web Services

Figura 8: Componentes de um WS e operações.



Modelagem de sistemas

Conceito de sistema

Sistemas são um conjunto de elementos interdependentes de modo a formar um todo organizado. Também pode ser entendido como um conjunto de órgãos funcionais, componentes, entidades, partes ou elementos e as relações entre eles, com um objetivo geral a ser atingido.

Sistemas logísticos

Um sistema pode ser definido como o conjunto de diferentes cadeias de suprimentos ligadas por meio de relacionamentos interorganizacionais, que fazem acontecer os fluxos envolvidos (de dinheiro, materiais, bens e informações).

Modelagem e análise dos sistemas

- Capturar e entender o funcionamento do sistema
- Entender as interações entre os atores do sistema

Modelagem de sistemas - PFS

- *Production Flow Schema* (PFS)
- Modelagem, análise e controle de Sistema a Eventos Discretos (SED)

Figura 9: Elementos do PFS.

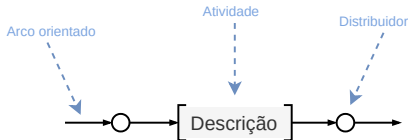
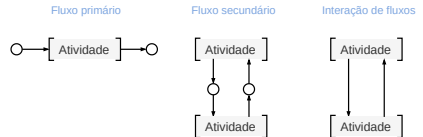


Figura 10: Tipos de fluxo no PFS.



Componentes e Operações da Arquitetura

- Arquitetura para o compartilhamento de informações do produto
- Garantir a interoperabilidade entre os membros da CS
- Compartilhamento de informações por meio de serviços (ou Web Services)

Componentes

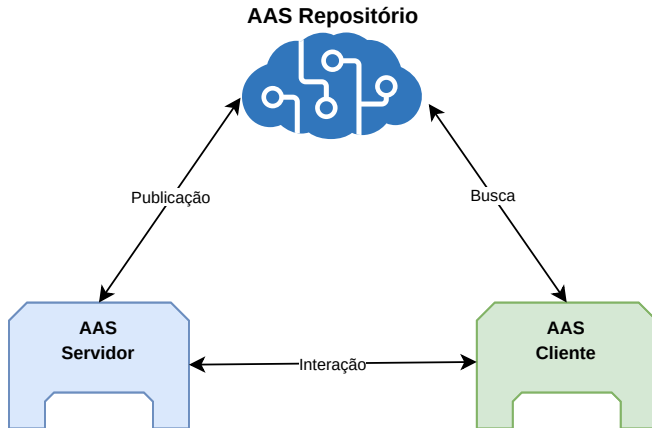
- 1 AAS Servidor
- 2 AAS Cliente
- 3 AAS Repositório

Operações

- 1 AAS Publicação
- 2 AAS Busca
- 3 AAS Interação

Dinâmica dos componentes e operações da arquitetura

Figura 11: Componentes e operações do WS.



Componentes

Tabela 1: Componentes da arquitetura para a I4.0.

Componente	Descrição
AAS Servidor	O AAS Servidor é a conexão direta com o ativo. Este AAS extrai as informações sobre seu ativo para sua própria MDP para que assim possam ser disponibilizadas na rede. Cada submodelo do AAS representa um conjunto de informações e serviços semelhantes agrupados.
AAS Cliente	O AAS Cliente é a parte que irá consumir as informações disponibilizadas pelo AAS Servidor. O cliente representa cada uma das partes envolvidas na cadeia de suprimentos. Pode representar uma instituição, uma pessoa física ou até mesmo uma outra máquina/produto.
AAS Repositório	O repositório é o componente que recebe, armazena e disponibiliza informações de descrição sobre todos os serviços disponíveis no mundo conectado. O AAS recebe operações de “publicação” por parte do AAS Servidor e operações de “busca” por parte do AAS Cliente. O Repositório não atua como canal de comunicação entre AAS Cliente e Servidor, mas apenas fornece informações necessárias para que ambos os AAS possam se comunicar diretamente por meio da operação de “interação”.

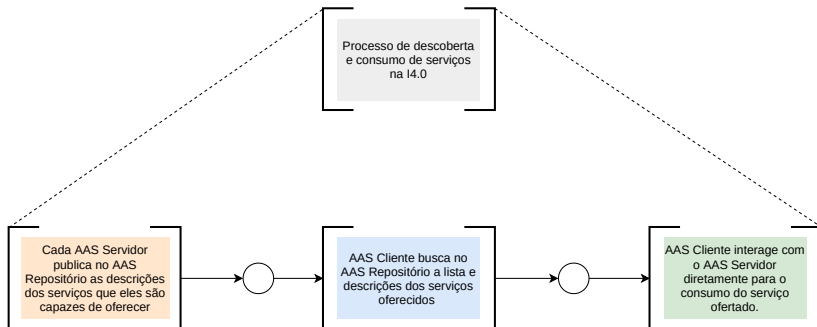
Operações

Tabela 2: Operações do WS para a I4.0.

Operação	Descrição
Publicação	Ação tomada pelo AAS Servidor sempre que este componente queira anunciar um serviço para que possa ser descoberto. Nesta operação, o AAS Servidor envia uma lista de seus serviços ofertados e a descrição de cada um desses serviços. Esta lista é recebida e armazenada pelo AAS Repositório, que a disponibiliza para acesso público.
Busca	Ação tomada pelo AAS Cliente sempre que este precisa consultar serviços de seu interesse. Nesta operação o AAS Cliente faz uma solicitação ao AAS Repositório com os parâmetros que definem o tipo e as restrições do serviço desejado. A operação de busca engloba também o fluxo contrário de informações, que é o envio da resposta da solicitação do AAS Repositório para o AAS Cliente.
Interação	Ação tomada pelo AAS Cliente sempre que este deseja invocar um serviço. O AAS Cliente estabelece uma conexão direta com o AAS Servidor e consome o determinado serviço solicitado. A operação de interação normalmente é feita após o recebimento da lista de descrição de serviços por parte do AAS Repositório, porém a interação pode ser feita diretamente caso o AAS Cliente já possua informações necessárias para o estabelecimento da conexão.

Componentes e Operações

Figura 12: Diagrama PFS das operações do WS.



Conteúdo da MDP - AAS Repositório

Tabela 3: Proposta de metamodelo para a MDP do repositório.

Propriedade	Descrição
ID do AAS servidor	Tem a função de distinguir exclusivamente os AASs provedores de serviços e todos seus elementos no mundo conectado da I4.0. Alguns tipos possíveis de identificadores são: IRDI, IRI e UUID. O ID do AAS servidor é uma referência ao AAS Repositório e a todos os demais AASs que solicitarem a descrição dos serviços.
ID do serviço	Identificação exclusiva do serviço para a sua identificação única entre todos os repositórios. O ID do serviço pode ser derivado do próprio ID do AAS servidor com identificações extra do ID dentro do AAS (E.g., ID.MODELO.SERVIÇO_001).
Descrição do AAS provedor	Breve descrição sobre o AAS servidor e suas funções.
Protocolos de comunicação e padrões de API	Definição dos protocolos de comunicação suportados pelo fornecedor daquele serviço, como, por exemplo, HTTP, MQTT, etc; assim como as especificações do padrão para a comunicação via API como, por exemplo, REST, SOAP, GraphQL, etc.
Formato de intercâmbio	Formato de arquivo de intercâmbio de informações. Ex.: json, xml, yaml, aasx, etc.
Timestamp da inserção do serviço no repositório	Data e hora de inserção do serviço ao repositório.
Indicação de disponibilidade	Chave booleana indicando se o AAS servidor atualmente suporta requisições. Esta propriedade pode estar desatualizada caso o AAS Servidor sofra uma falha de comunicação. Em outros casos, o AAS Servidor pode voluntariamente indicar ao repositório que temporariamente não processará solicitações de serviços.
Quality of Service (QoS)	A métrica de qualidade de serviço (QoS) fornece indicadores sobre a qualidade do serviço prestado por um determinado AAS. O tempo médio de resposta do serviço baseado no tempo de resposta observado por diversas requisições executadas e a disponibilidade do AAS quando solicitado são índices que contribuem para o QoS. Um índice para serviços de qualidade mais subjetiva pode ser criado baseado em avaliações de AAS Clientes que já consumiram o serviço.
Descrição do serviço	Descrição sobre o funcionamento do serviço juntamente com o tipo de resposta esperado.

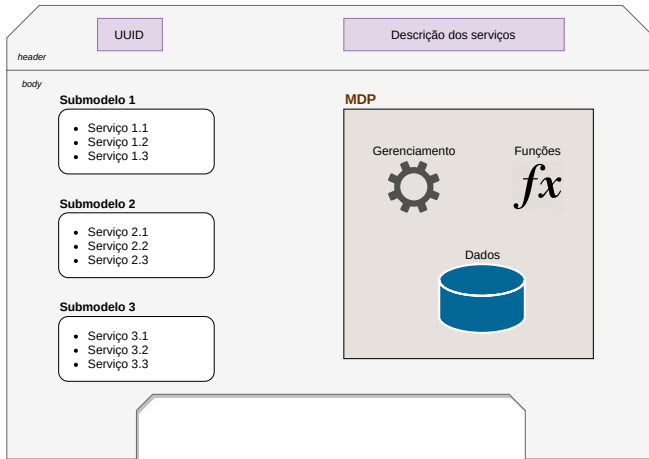
Conteúdo da MDP - AAS Servidor

Tabela 4: Proposta de metamodelo para a MDP do servidor.

Propriedade/Função	Descrição
ID do serviço	Identificação exclusiva do serviço para a sua identificação única entre todos os repositórios.
Extração de dados dos sub-modelos	Função que retorna os dados solicitados pelo serviço.
Organização dos dados	Funções de estruturação dos dados ao formato solicitado pelo serviço, nesta fase pode haver também funções de limpeza dos dados brutos extraídos dos submodelos.
<i>Quality of Service</i> (QoS)	Função para cálculo e armazenamento do índice de qualidade de serviço (QoS) com base em métricas sobre serviços já prestados e avaliações de AAS clientes que já consumiram o serviço.
Atualização da descrição do serviço no repositório	Função que envia ao repositório da empresa a descrição atualizada dos serviços.
Repositório	Referência ao repositório da empresa onde o ativo se encontra.

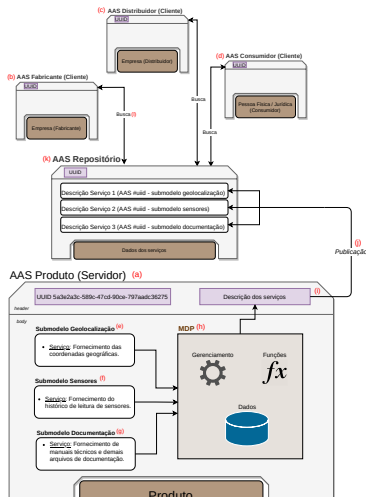
Detalhamento das partes do AAS

Figura 13: Estrutura do AAS com seus submodelos e a MDP.



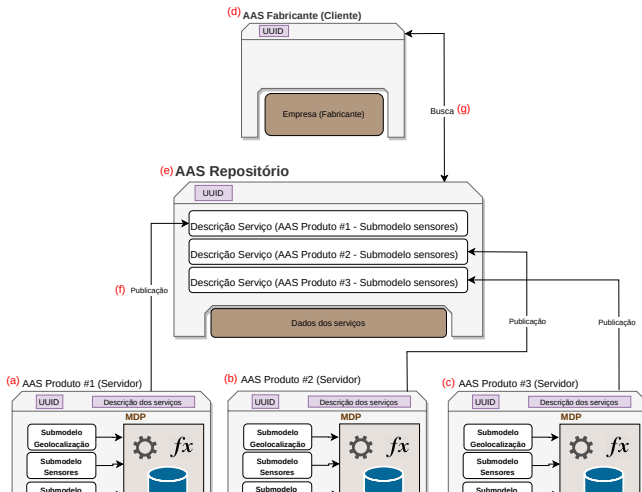
Dinâmica dos serviços - Múltiplos elos

Figura 14: Exemplificação das operações de publicação e busca com múltiplos clientes.



Dinâmica dos serviços - Múltiplos produtos

Figura 15: Exemplificação das operações de publicação e busca com múltiplos produtos.

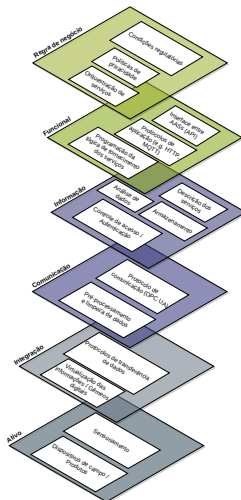


Descrição das camadas do RAMI4.0

- **Ativo:** Dispositivos de campo, sensoriamento;
- **Integração:** Virtualização, protocolos de transferência de dados;
- **Comunicação:** Pré-processamento de dados e protocolos de comunicação;
- **Informação:** Controle de acesso e autenticação, análise de dados, armazenamento, descrição dos serviços;
- **Funcional:** serviços, protocolos de aplicação, interface entre AASs;
- **Regra de negócio:** Orquestração de serviços, políticas de privacidade e condições regulatórias.

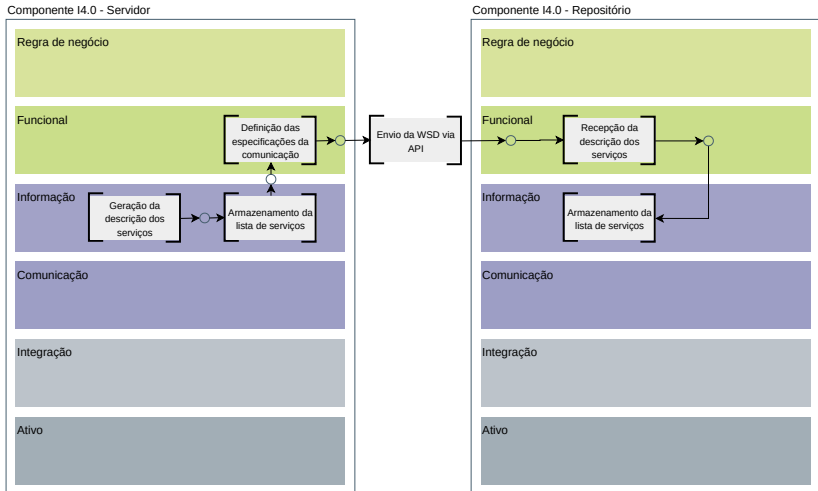
Descrição das camadas do RAMI4.0

Figura 16: Camadas do RAMI4.0 com os elementos da arquitetura.



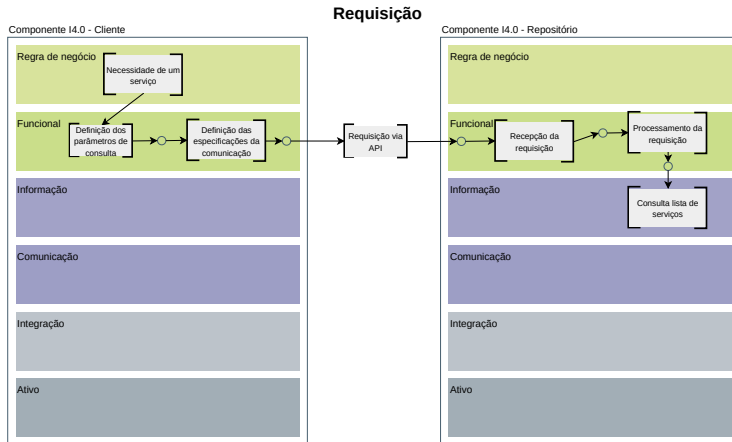
Mapeamento no RAMI4.0 - Publicação

Figura 17: Diagrama PFS da operação de publicação.



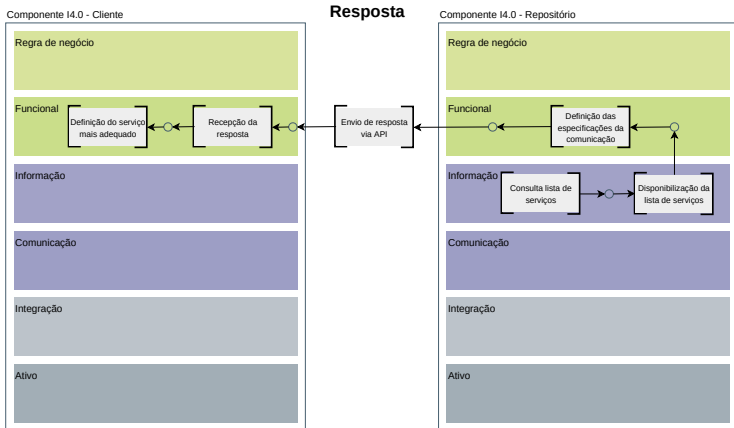
Mapeamento no RAMI4.0 - Busca (Requisição)

Figura 18: Diagrama PFS da requisição em uma operação de busca.



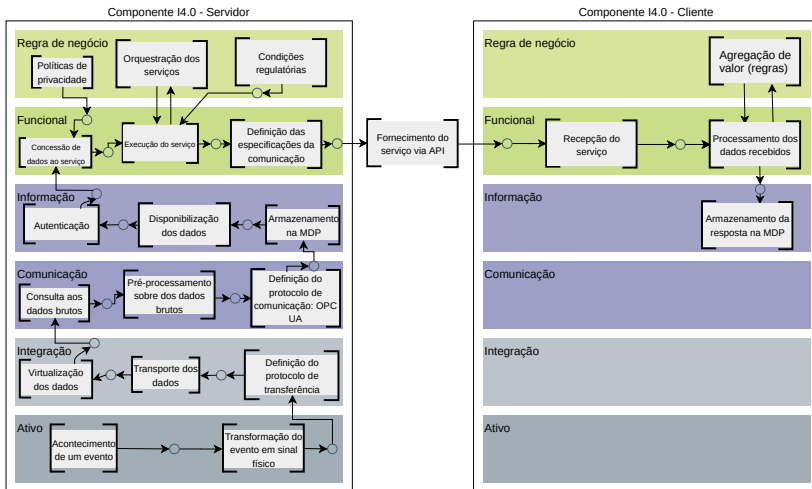
Mapeamento no RAMI4.0 - Busca (Resposta)

Figura 19: Diagrama PFS da resposta em uma operação de busca.



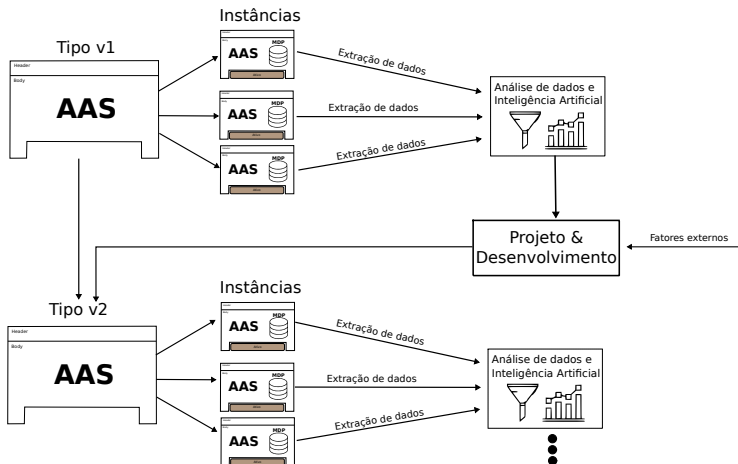
Mapeamento no RAMI4.0 - Interação

Figura 20: Diagrama PFS da operação de interação.



Ciclo de vida do produto

Figura 21: Ciclo de vida do produto.



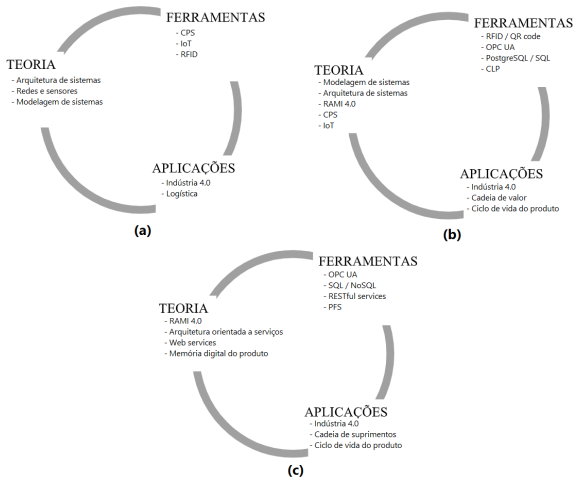
Metodologia de Jensen

Evolução e amadurecimento do ciclo metodológico composto por três aspectos

- Teorias
- Ferramentas
- Aplicações

Metodologia

Figura 22: Teorias, ferramentas e aplicações apontadas em diferentes fases do projeto de pesquisa.



Considerações finais

- A
- B
- C

Fim