



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**MODELAGEM DE SISTEMAS COMPLEXOS USANDO SYSML, COMO  
FORMA DE DAR SUPORTE AO PROJETO DE PESQUISA DO  
ORIENTADOR ENTITULADO ENGENHARIA DE ATRIBUTOS: UMA  
ABORDAGEM TOTAL E INTEGRADA PARA DESENVOLVIMENTO DE  
PRODUTOS COMPLEXOS.**

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

(PIBIC/CNPq/INPE)

Braulio Pessoa Fernandes (ITA, Bolsista PIBIC/CNPq)

Email: [brauliof@gmail.com](mailto:brauliof@gmail.com)

Geilson Loureiro (LIT/INPE/ITA, Orientador)

Email: [geilson@lit.inpe.br](mailto:geilson@lit.inpe.br)

Junho de 2010

## **Sumário**

- 1. Introdução**
- 2. Objetivos**
- 3. Plano de Trabalho**
- 4. Análises iniciais**
- 5. Resultados obtidos**
- 6. Trabalhos futuros**
- 7. Conclusões**
- 8. Referências bibliográficas**

## 1. Introdução

A engenharia de produtos complexos requer uma abordagem em escopo mais abrangente que, apenas, o produtos final. Evidência disto é a evolução dos conceitos de engenharia de sistemas adotados pelas indústrias automobilística e aeroespacial no sentido de obter uma solução balanceada que considera variáveis como o tempo de desenvolvimento, custo dos processos do ciclo de vida, gerenciamento de risco, performance do produto e, ainda, atende aos requisitos. [Loureiro, G. 1999]

O ‘Total View Framework’ é um framework para modelagem que integra o produto, seus processos do ciclo-de-vida e suas organizações de desenvolvimento através de processos de análise de requisitos, de arquitetura funcional e de arquitetura física em todos os níveis de sua hierarquia, derivando atributos como propriedades emergentes de um sistema integrado.

Um ‘Framework para modelagem’ é um conjunto de princípios, métodos e ferramentas de modelagem destinados a um fim específico. Neste trabalho, pretende-se apresentar o Total View Framework utilizando os padrões definidos pela OMG na especificação da linguagem SysML v1.0.

A SysML (Systems Modeling Language) é uma linguagem de propósito geral para modelagem de sistemas de aplicações de engenharia. É um dialeto da UML™, o padrão da indústria para a modelagem de software de sistemas intensivos. A SysML suporta a especificação, análise, projeto, verificação e validação de uma ampla gama de sistemas e sistemas de sistemas. Estes sistemas podem incluir hardware, software, informações, processos, pessoal e instalações.

Ainda que possua qualidades valiosas, o SysML não é uma boa ferramenta de modelagem se não estiver associada a uma boa ferramenta computacional. Apenas com recurso computacional é possível fazer controle de versões, extensas análises estruturais ou comportamentais, rastreamento de requisitos e outras funcionalidades necessárias para a modelagem de um sistema complexo. Um recurso explorado nesta pesquisa foi o software IBM Rational Rhapsody 7.5.1 com a licença *trial* para testes.

## 2. Objetivos

Esta pesquisa tem como objetivo adaptar a modelagem de sistemas complexos de acordo com o 'Total View Framework', abordagem proposta pelo orientador de pesquisa, Geilson Loureiro, à utilização da linguagem de modelagem de sistemas, SysML.

Objetivos específicos são:

- 1) Estudar SysML (Systems Modeling Language).
  - a) Analisar aplicação de SysML à modelagem de sistemas físicos, de processos, de padrões e de requisitos.
  - b) Realizar modelos experimentais com a linguagem utilizando o software IBM Rational Rhapsody 7.5.1 para modelagem em SysML.
- 2) Estudar o 'Total View Framework'. Abordagem de arquitetura de sistemas complexos do Professor Geilson Loureiro.
- 3) Adaptar roteiro de análise para a utilização da linguagem SysML.
- 4) Desenvolver modelos da análise para o desenvolvimento integrado de produtos complexos, implementando a abordagem adaptada.

## 3. Plano de Trabalho

- 1) Revisão bibliográfica:
  - a. UML – unified modeling language, desenvolvida por Booch, Rumbaugh e Jacobson para modelar software orientado a objeto, provê as notações básicas para SysML;
  - b. SysML – systems modeling language, desenvolvida a partir de UML, difere da mesma por conter permitir rastreabilidade de requisitos e modelagem de parâmetros físicos em seus modelos paramétricos.
- 2) Aprendizado e utilização de ferramentas de modelagem computacionais disponíveis:
  - a. IBM Rational Rhapsody 7.5.1 - Ferramenta computacional que permite a elaboração de modelos com a linguagem SysML.
- 3) Análise da aplicação da linguagem SysML à modelagem de sistemas físicos, processos, padrões e requisitos:
  - a. Aplicações práticas desenvolvidas em *SysML for Systems Engineering* [Holt et al., 2008].
- 4) Desenvolvimento do processo do Prof. Geilson utilizando SysML.

## 4. Análises iniciais

Como observado anteriormente, a SysML estende a UML, adaptando-a ao contexto da engenharia de sistemas. A figura 1 faz uma comparação entre os diagramas definidos na especificação v1.0 do SysML e UML 2.0.

A SysML estende conceitos da UML, como representado na figura 2. Neste trabalho, assume-se conhecida a linguagem e, portanto, resume-se a citar características interessantes da linguagem que foram utilizadas nos modelos construídos.

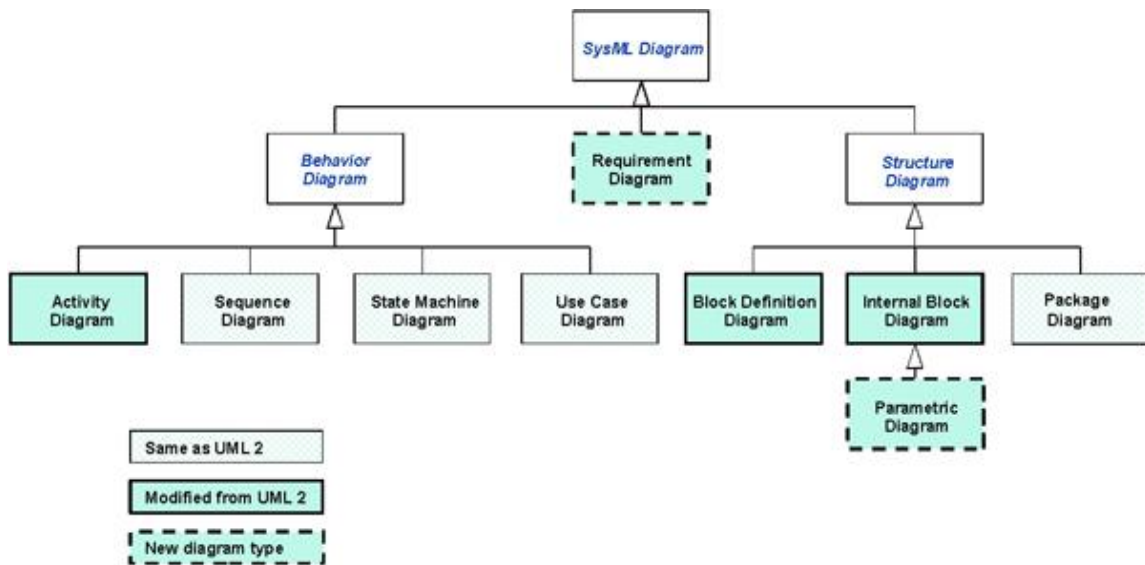


Figura 1: Comparação entre os diagramas do SysML v1.0 e UML 2.0

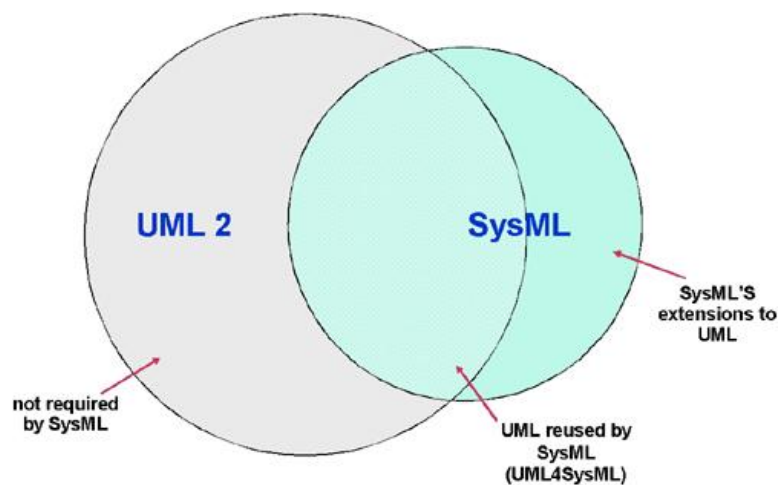


Figura 2: A SysML estende conceitos da UML

### 1) Modelagem de requisitos com SysML

Para este fim, a linguagem SysML define um diagrama de requisitos, além do já conhecido diagrama de casos de uso, herdado da UML. [Holt et al., 2008] utiliza o tradicional diagrama de casos de uso ao exemplificar a modelagem de contexto de um sistema.

### 2) Modelagem de sistemas físicos com SysML

A modelagem de sistemas físicos envolve conceitos novos, estendidos: portas, fluxos de item, interfaces e restrições paramétricas são alguns deles. Estes novos conceitos permitem modelar interação entre elementos de um sistema: os serviços e informação (dados, energia, matéria) trocados. Na figura 3, um exemplo de modelagem de sistema físico.

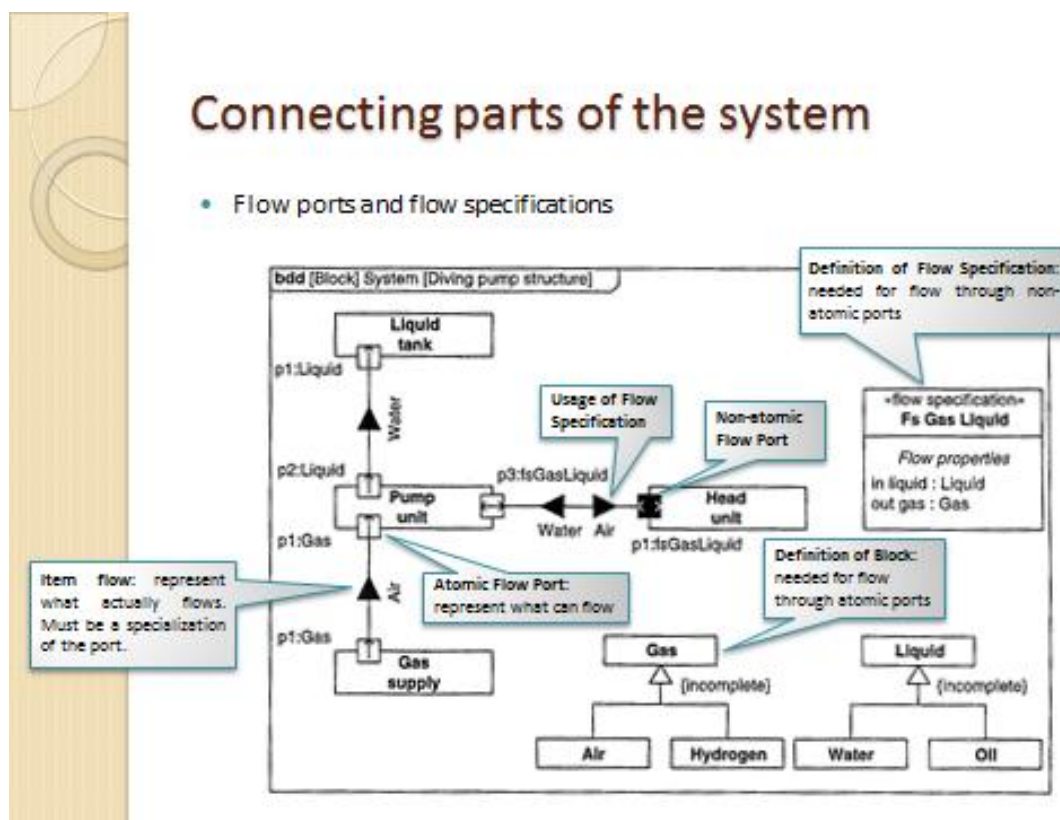


Figura 3: Modelagem de sistema físico. Descrição de elementos da linguagem SysML

### 3) Modelagem de processos com SysML

A modelagem de processos possui papel importante na tarefa de adaptar o Total View Framework ao SysML, pois o próprio framework é um processo de análise composto de três subprocessos (análise de requisitos, de arquitetura funcional e de arquitetura física). As figuras 5 e 6,

abaixo, compõem um meta-modelo para a modelagem de processos, em que considera-se o processo do ponto de vista conceitual e realizacional. [Holt et al., 2008].

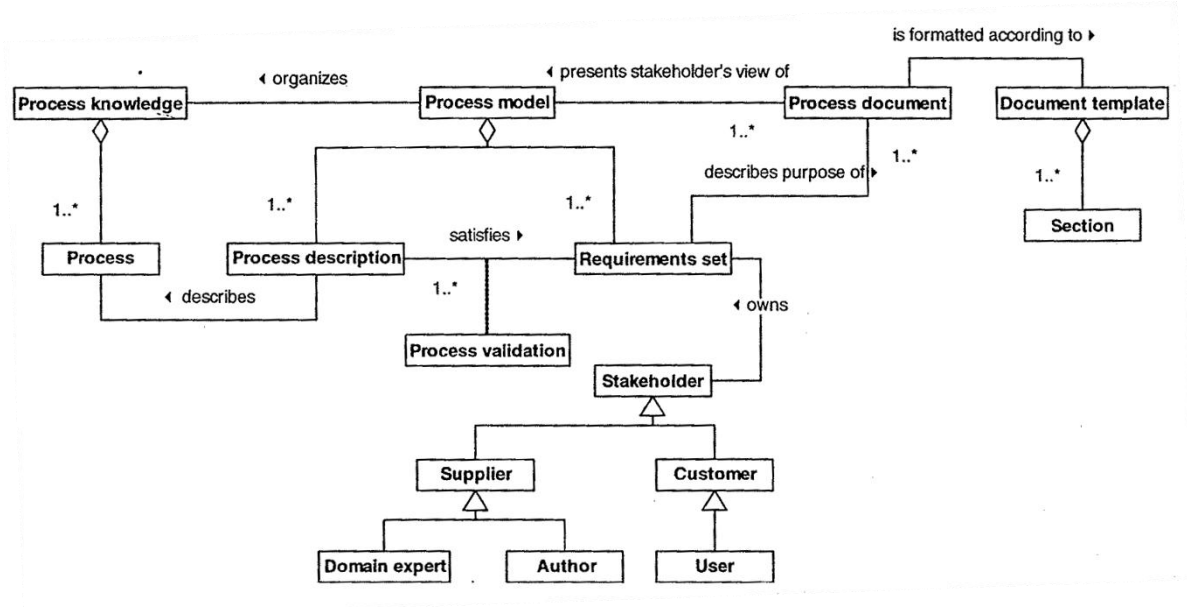


Figura 4: Meta-modelo de um processo em SysML - Aspecto conceitual

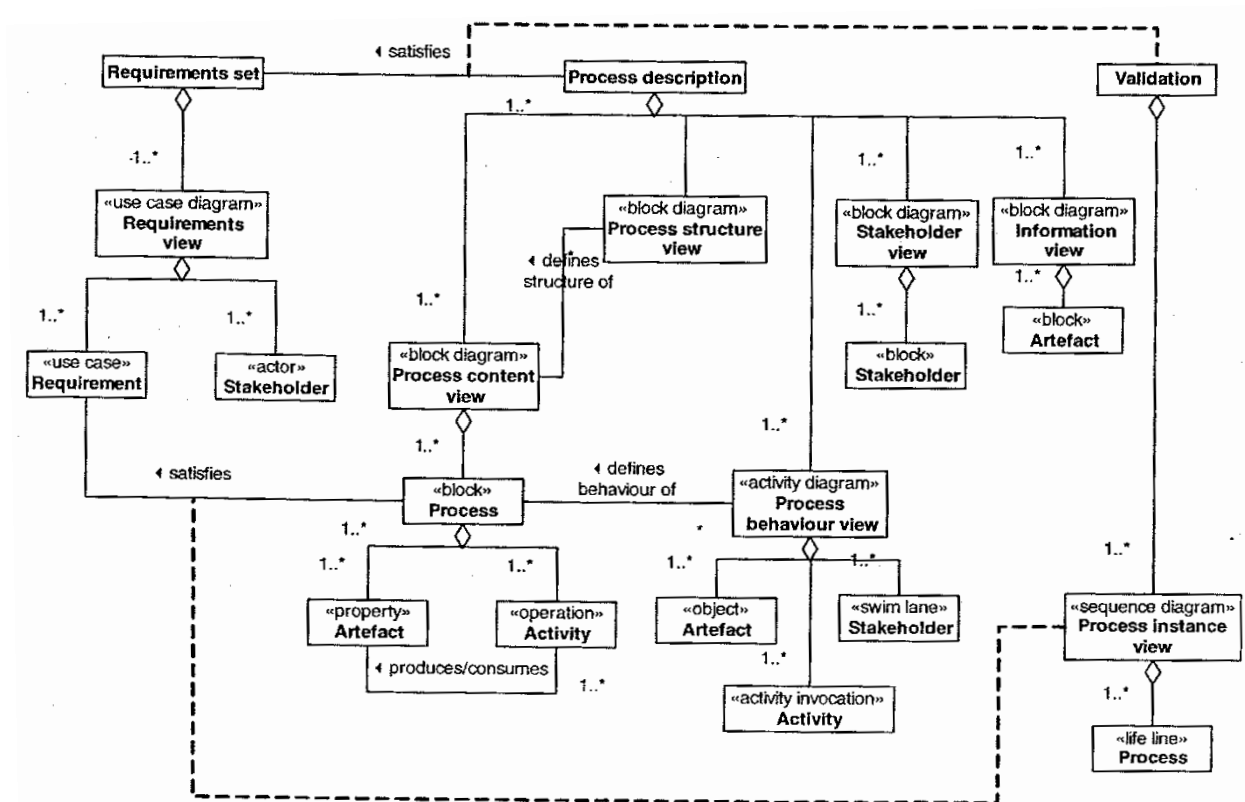


Figura 5: Meta-modelo de um processo em SysML – Aspecto realizacional

A figura 4 mostra a estrutura conceitual de um modelo de processo, em que o modelo é composto de uma descrição do processo que satisfaz a um conjunto de requisitos.

## 5. Resultados obtidos

Como pode-se observar na figura 5, [Holt et al., 2008] define sete visões (*views*) necessárias para modelar um processo em seu aspecto realizacional. Em seu livro, Jon Holt exemplifica a modelagem de processos aplicando estas visões a um ciclo-de-vida, um padrão (ISO, IEEE, EIA) e à definição de um novo processo qualquer. Uma breve descrição das visões encontra-se na tabela 1, abaixo:

Visão ( <i>view</i> )	Descrição	Diagrama utilizado
Process structure view	Define conceitos e terminologia básicas.	BDD
Requirements view	Define o que o processo deve fazer.	UC
Process content view	Mostra processos definidos (biblioteca de processos).	BDD
Stakeholder view	Identifica principais stakeholders	BDD
Information view	Identifica inputs/outputs e estabelece relacionamento entre eles.	BDD
Process instance view	Verifica requisitos mostrando execução de processos para um requisito particular.	SEQ
Process behaviour view	Define comportamento interno para cada processo. Atribui responsabilidades a cada atividade do processo.	ACT

**Tabela 1: Visões que definem um processo em SysML – Aspecto realizacional**

Este mesmo procedimento apresentado acima e ilustrado na referência *SysML for Systems Engineering* [Holt et al., 2008]. Pode ser utilizado para modelar o Total View Framework.

Os estudos realizados da linguagem SysML e do Total View Framework permitem concluir que é a linguagem possui elementos suficientes para modelar os processos de análise utilizados pelo Prof. Geilson em seu processo de análise.

A figura 7 representa este método de análise aplicado a uma camada do sistema.



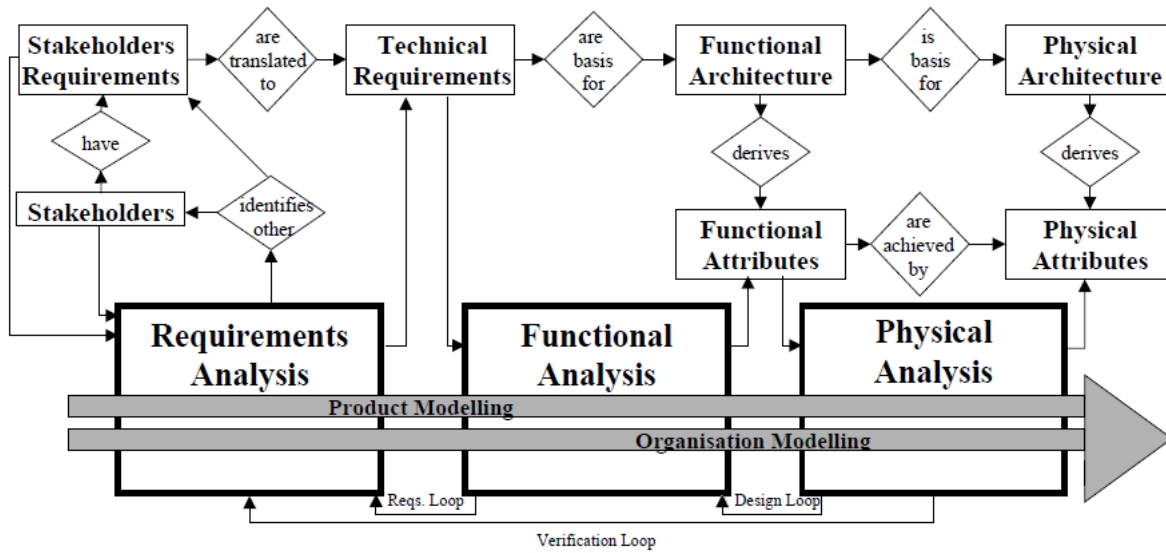


Figura 6: Método de análise aplicado a uma camada do sistema

O Total View Framework é uma ferramenta para o desenvolvimento integrado de produtos complexos. Ele consiste na aplicação do processo de engenharia de sistemas a produtos e organizações de desenvolvimento de forma concorrente. A definição completa de um processo, segundo descrito no tópico anterior, requer definição das 7 visões apresentadas na tabela 1, acima. Esta etapa ainda não foi concluída. As figuras 7, 8 e 9 representam os primeiros resultados obtidos:

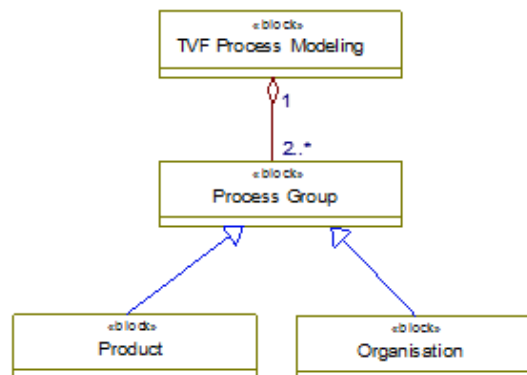


Figura 7: Process-Structural View para o Total View Framework

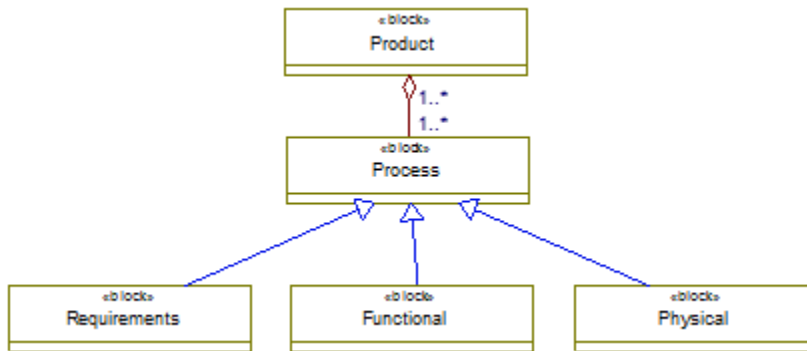


Figura 8: Process-Content View para o grupo 'Produto' do Total View Framework {Incompleto}

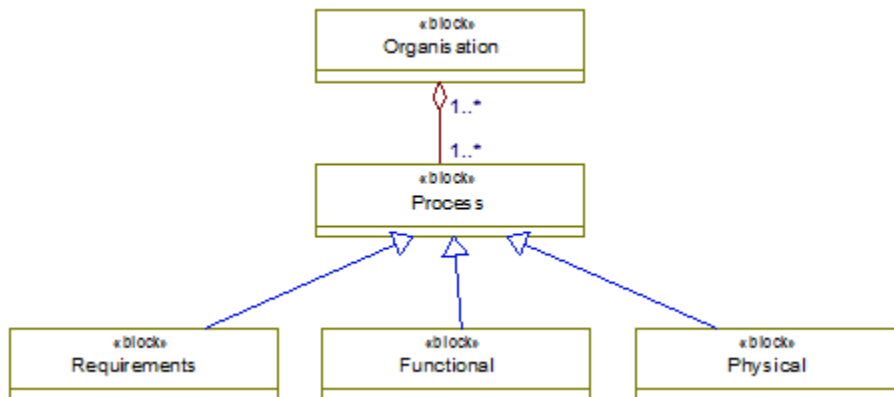


Figura 8: Process-Content View para o grupo 'Organização' do Total View Framework {Incompleto}

## 6. Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros propõe-se: a continuação desta pesquisa a fim de definir o total View Framework segundo o modelo de 7 visões proposto por [Holt, J. 2008] a prática dos conceitos criados através da modelagem de produtos complexos utilizando o framework em SysML.

## 7. Conclusões

O foco tradicional da engenharia de sistemas em produto e o foco da engenharia simultânea em componentes não satisfazem às necessidades do desenvolvimento de produtos complexos, como por exemplo o de um satélite ou um carro. Deste modo, uma abordagem integrada é necessária e deve ser empregada desde a análise dos stakeholders até a obtenção dos atributos de produto, processo e organização e seus relacionamentos.

O processo de análise estruturada concorrente desenvolvido pelo Prof. Geilson, intitulado Total View Framework, é uma proposta para o desenvolvimento integrado de produtos complexos. Este framework baseia-se em modelos que utilizam diagramas adaptados às realidades da engenharia de sistemas. A linguagem SysML possui os elementos suficientes para modelar o framework e, com este trabalho, definiu-se iniciou-se esta adaptação, mapeando-se 2 das 7 visões que compõem o modelo adotado.

## **8. Referências bibliográficas**

- Loureiro, G. 2009.** Introdução à Engenharia de Sistemas: curso introdutório. Notas de aula 1-4;
- Hause, Matthew; Tom, Francis; Moore, Alan.** Inside SysML. IEE Electronics Systems and Software, June/July 2005. p.20-25, 2005.
- Loureiro, G. 1999.** *A systems engineering and concurrent engineering framework for the integrated development of complex products.* PhD Thesis, Loughborough University, Loughborough, UK.
- Balmelli, et al. 2006.** An Overview of the Systems Modeling Language for Products and Systems Development. IBM Technical Report.
- Low, J.** 2006. Unleashing the power of SysML. SysMI and Rhapsody. I-Logix.