

SatBudgets: Projeto Conceitual de Satélites Baseado em Conhecimento e Dirigida a Modelos

Bruno B. F. Leonor¹, Walter A. Santos², Stephan Stephany³

¹Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)

²Divisão de Sistemas Espaciais (DSE)

³Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada (LAC/CTE)
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Brasil

bruno.leonor@cptec.inpe.br, walter@dss.inpe.br, stephan@lac.inpe.br

Resumo. *Satélites estão se tornando cada vez mais complexos, fazendo com que decisões técnicas do projeto interdisciplinar impactem custos e prazos. Uma solução proposta é apoiar a fase de projeto conceitual de satélite com adoção de uma engenharia dirigida por modelo (MDE - Model Driven Engineering). Entretanto, softwares de Engenharia de Sistemas Espaciais geralmente podem ser sujeitos a embargo tecnológico ou ter alto custo. Este trabalho visa atender esta demanda empregando somente software livre e a linguagem SysML (Systems Modeling Language) para implantar MDE através do desenvolvimento de uma ferramenta de software baseado em conhecimento, denominada SatBudgets. A metodologia MDE é geral o bastante para ser aplicada a qualquer projeto de satélite como o ITASAT, um satélite universitário aqui adotado como estudo de caso.*

Abstract. *Satellites are becoming highly complex systems making technical decisions from the interdisciplinary project impact on costs and deadlines. A solution is to underpin the conceptual design phase of satellite systems by adopting a model-driven engineering approach (MDE). Nevertheless, software for Space Systems Engineering generally may be subject to technological embargo or have high costs. This work targets this demand by employing only free software and SysML (Systems Modeling Language) to enable MDE by developing a software tool based on knowledge, named SatBudgets. This approach is general enough to be applied to any satellite project like the ITASAT, a university satellite here taken as a case study.*

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas modernos estão tornando-se cada vez mais complexos, por este motivo projetos conceituais estão ganhando cada vez mais espaço no desenvolvimento de um produto, podendo-se assim preliminarmente especificar, analisar, projetar e verificar sistemas sem a necessidade de produção de uma única peça [Leonor *et al.* 2009].

O Projeto Conceitual é a fase inicial do processo de projeto de um sistema e exige a aplicação de conhecimento de domínio do produto.

Para o projeto de satélites isso não é diferente, levando em consideração a grande quantidade de recursos, tanto humanos quanto financeiros, envolvidos em sua produção e também os benefícios trazidos pelos mesmos à população. Um bom planejamento é essencial, pois

evita erros que podem comprometer todo um empreendimento [dos Santos *et al.* 2009].

A dificuldade para se encontrar softwares adequados para a área espacial foi a principal motivação para a criação do sistema SatBudgets, que tem como objetivo mostrar a viabilidade do desenvolvimento deste tipo de ferramental. Adicionalmente, outras grandes dificuldades podem ser embargo tecnológico ou mesmo o alto custo das ferramentas existentes no mercado. Desta maneira um dos requisitos para o sistema SatBudgets foi utilizar somente software livre no seu desenvolvimento.

Para auxiliar na fase de projeto conceitual foi utilizada uma nova abordagem que permite o reuso e integração da informação chamada MDE [Schmidt 2006]. Esta abordagem foca-se na criação de modelos maximizando a compatibilidade entre subsistemas do projeto e simplificando o processo de comunicação entre os diversos especialistas de domínio. No entanto, a MDE requer o uso de uma linguagem de descrição de arquitetura (ADL) para o sistema a ser engenhariado.

A SysML [OMG 2006] foi a linguagem adotada neste trabalho. SysML foi proposta pela OMG (*Object Management Group*) para se tornar uma linguagem padrão na modelagem de sistemas que surgiu como complemento a UML (*Unified Modeling Language*) [OMG 2009]. SysML é uma linguagem gráfica de modelagem que pode apoiar a análise, especificação, projeto, verificação e validação de sistemas complexos [Friedenthal *et al.* 2008].

Um protótipo de software baseado em conhecimento, denominado SatBudgets, foi criado para auxiliar na fase conceitual de projeto de satélite fazendo uso de diagramas SysML. O software pode ser aplicado na fase conceitual de projetos de subsistemas de satélites para auxiliar na geração de balanços (mecânico, elétrico, entre outros). MDE neste contexto é utilizada como um estudo de caso aplicado ao satélite universitário ITASAT.

Uma prototipação de aquisição de conhecimento inserido na ferramenta para a geração do balanço é efetuada minimamente através da captura de regras de negócio que norteiam decisões de projeto. Esta atividade faz parte de um escopo maior de Engenharia do Conhecimento onde habilidades de especialistas podem ser armazenadas num ambiente computacional [Leonor 2010].

2. O PROJETO ITASAT E PROJETO CONCEITUAL DE SATÉLITES

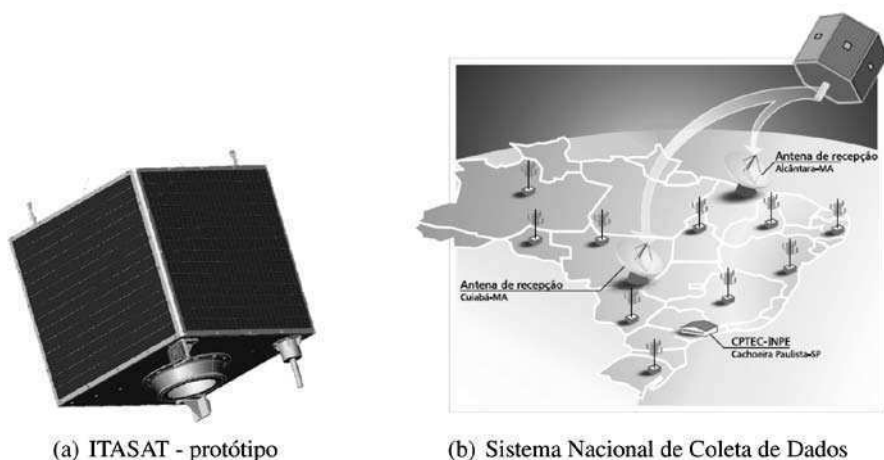
O satélite abordado neste trabalho é o ITASAT [AEB *et al.* 2005], um satélite universitário, cujo projeto foi iniciado no ano de 2005, atualmente desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica) e algumas universidades públicas brasileiras. A Figura 1(a) ilustra o satélite ITASAT.

Além da sua funcionalidade experimental, o ITASAT irá contar com um transponder para transmissão dos dados coletados por PCDs (Plataforma de Coleta de Dados) distribuídas por todo o território brasileiro como mostrado na Figura 1(b) e é parte integrante do Sistema Nacional de Coleta de Dados.

A fase inicial de projeto de um sistema, conhecida por Projeto Conceitual, exige fundamentalmente a aplicação de conhecimento de domínio do problema a ser atacado.

Essa fase deve ser sistematizada para que aumente a produtividade via automação e possibilite sua integração com as demais fases do projeto, prototipação, planejamento de manufatura e a fabricação propriamente dita [Almeida 2000].

O projeto conceitual envolve várias linhas de raciocínio e uma grande quantidade de informações interdisciplinares. Dessa forma, é visível a grande complexidade de tal fase do processo de projeto e as interdependências que esta ocasiona.



(a) ITASAT - protótipo

(b) Sistema Nacional de Coleta de Dados

Figura 1. ITASAT e sua utilização na arquitetura de coleta de dados ambientais

Vale realçar a grande importância da fase inicial de projeto no custo, prazo de entrega e no sucesso do sistema final. Decisões tomadas nessa fase apresentam grande importância e qualquer alteração posterior pode acarretar alto custo para modificações nas fases posteriores do desenvolvimento de um sistema.

Com a automatização do processo de Projeto Conceitual obtém-se uma maior eficiência e velocidade de desenvolvimento, necessidade essencial no mercado competitivo atual.

3. SATBUDGETS - UMA INSTÂNCIA DE ENGENHARIA DIRIGIDA POR MODELOS

SatBudgets é o protótipo de uma ferramenta relatada neste trabalho para auxiliar na fase conceitual de um projeto de satélite automatizando a geração de balanços (mecânico, elétrico, entre outros) e aplicado a dados do projeto do satélite ITASAT.

A Figura 2 apresenta sumariamente o fluxo de trabalho associado à ferramenta SatBudgets e o conjunto de ferramentas de software livre que apoiam seu desenvolvimento.

Através da interface gráfica do SatBudgets, um arquivo SysML é informado como o modelo que servirá de entrada para o processamento bem como quais balanços devem ser calculados. Finalmente um formato de arquivo de saída é selecionado pelo engenheiro de sistemas para a apresentação do relatório de balanços, seja via visualizador da ferramenta ou armazenamento nos formatos PDF, XLS ou HTML.

A ferramenta SatBudgets foi desenvolvida na linguagem Java, fazendo uso somente de ferramentas e APIs (*Application Programming Interface*) de livre distribuição como requisito inicial ao desenvolvimento da ferramenta.

No fluxo de funcionamento da ferramenta SatBudgets, ilustrado na Figura 2, um modelo SysML, mais especificamente o diagrama de blocos, do satélite servirá de entrada para a leitura do arquivo do modelo. Um *parser* é responsável por encontrar dentro da estrutura do arquivo os *tokens* definidos e extrair seus valores. Em seguida, uma atribuição é feita a cada um dos valores extraídos no *parsing*. Estas funcionalidades foram implementadas fazendo uso da API JDOM, uma API Java para manipulação de arquivos XML. As regras de negócio serão aplicadas

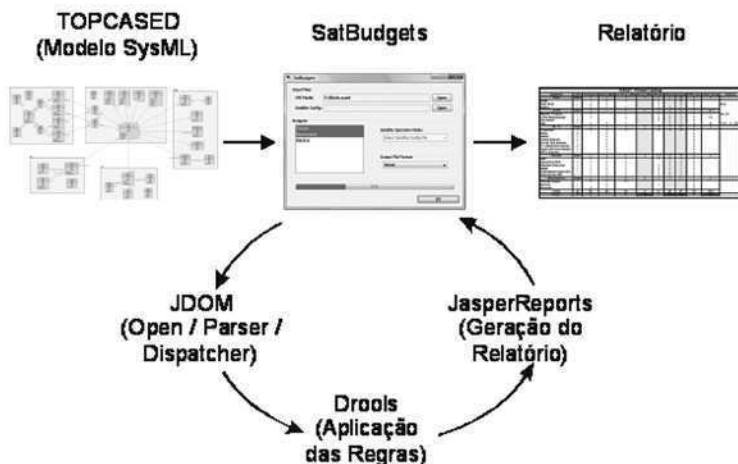


Figura 2. Fluxo de trabalho do SatBudgets apoiado por software livre

sobre os parâmetros extraídos da configuração de arquitetura de satélite e será gerado um relatório contendo o balanço para a dada configuração.

4. SOFTWARES LIVRES UTILIZADAS NO SATBUDGETS

Na fase exploratória de potenciais ferramentas disponíveis de apoio ao desenvolvimento do SatBudgets, várias alternativas foram consideradas, entretanto as ferramentas relacionadas a seguir foram escolhidas por serem as mais convenientes para o projeto. O conhecimento prévio de utilização e grande comunidade de usuários foram alguns dos fatores que influenciaram substancialmente o processo dessa escolha.

Para a modelagem de sistemas foi escolhida a ferramenta TOPCASED. Esta ferramenta possibilita a modelagem de sistemas fazendo uso da SysML [OMG 2006], uma ADL de uso geral que possibilita a modelagem de sistemas. A SysML é uma extensão da UML sugerida pela OMG para possibilitar a modelagem de sistema que incorporam hardware e/ou software. TOPCASED baseia-se no Galileo (Eclipse 3.5) e requer uma JVM (*Java Virtual Machine*). Seu download pode ser feito como um aplicativo autônomo ou pode ser instalado diretamente através do gerenciador de instalação do Eclipse [Lescot 2009].

O Eclipse [Burnette 2005] é uma IDE (*Integrated Development Environment*) desenvolvida em Java, com código aberto para a construção de programas de computador. O projeto Eclipse foi iniciado na IBM que desenvolveu a primeira versão do produto e doou-o como software livre para a comunidade de computação.

Para a manipulação do modelo SysML foi utilizada a API JDOM [JDOM 2009], uma API de código aberto baseado em Java que cria um modelo de objeto do documento XML (*Extensible Markup Language*). Esta API fornece uma forma fácil e eficiente de representar este documento para manipulação.

Para o processamento das regras de negócio foi adotado o *framework* Drools. Drools é um mecanismo baseado em regras que foi lançado pela Codehaus e posteriormente adotado como um projeto do JBoss, conhecido também como JBoss Rules [JBoss 2009]. Em Drools, o domínio de conhecimento é representado através das classes do sistema e as necessidades de

uso do sistema geram as regras. Uma regra tem uma ou mais condições (ou fatos), que levam a uma ou mais ações (ou consequências). Uma regra Drools é tratada em uma memória interna chamada de *Working Memory*.

Para a geração do relatório de balanço foram utilizadas as APIs JasperReports e JFreeChart, sendo o relatório projetado na ferramenta iReport. A biblioteca JasperReports é uma poderosa e flexível ferramenta de geração de relatório que tem a capacidade de oferecer rico conteúdo sobre a tela, para a impressora ou em PDF, HTML, CSV, XLS, RTF ou arquivos XML [Danciu 2002].

O relatório é gerado através da criação de um modelo XML que contém o layout do relatório. Este modelo XML do relatório é compilado utilizando a API JasperReports, o que irá resultar em um arquivo com a extensão .jasper que contém toda a formatação do relatório e como as colunas se relacionam com os dados. O ciclo para geração do relatório é concluído com a compilação dos dados que irão compor o relatório com o arquivo .jasper criado pelo modelo do relatório.

O iReport é um *designer* de relatório de código aberto para o JasperReports, disponível para todos os principais sistemas operacionais sob a GNU (*General Public License*). O iReport possibilita a criação de layouts complexos contendo gráficos, imagens, sub-relatórios, tabelas de referência cruzada e muito mais [JasperSoft 2009].

Finalmente, JFreeChart é uma consistente e bem documentada API para criação de gráficos que provê uma ampla gama de tipos de gráfico [Gilbert 2004], possibilitando muitos tipos de saída, incluindo componentes Swing, arquivos de imagem (JPEG e PNG), e gráficos vetoriais (PDF, EPS e SVG).

A integração entre os diferentes softwares livre utilizados foi facilitada pela IDE Eclipse com seu grande número de *plugins* disponíveis e pela facilidade de agregação das diversas ferramentas. Atualmente há uma discussão sobre implicações em se disponibilizar a ferramenta SatBudgets como um software livre para uso na área de projetos espaciais.

5. CONCLUSÕES

Sistemas espaciais requerem cada vez mais bons princípios de engenharia de sistemas para lidarem com as questões de crescente complexidade. Softwares de apoio aos processos da Engenharia de Sistemas Espaciais podem apresentar limitações de uso como embargo tecnológico ou alto custo.

Neste sentido, o trabalho adota a abordagem MDE para projeto conceitual de satélites empregando uma ferramenta desenvolvida a partir somente de software livre, o SatBudgets. MDE permite a reutilização de informações entre diferentes projetos de satélites uma vez que é focada em modelos.

A aplicação de MDE neste trabalho foi baseada no uso da linguagem SysML para modelagem de satélites e na ferramenta proposta SatBudgets para dar apoio à um processo de atividades do projeto conceitual. Partindo da modelagem SysML, a ferramenta SatBudgets gera automaticamente balanços (mecânico, elétrico, entre outros) de projeto de satélite. Isto demonstra sua viabilidade na construção dos sistemas e pode diminuir o impacto das alterações ao logo do projeto. Um estudo de caso foi aplicado ao projeto do satélite universitário ITASAT.

No atual estágio, MDE e SatBudgets estão em fase de implantação experimental e gradual ao ciclo de engenharia para projetos futuros de satélites bem como na sua utilização em outros sistemas diversos como veículos lançadores de satélites como já demonstrado com o IAE (Instituto de Atividades Espaciais) em São José dos Campos.

REFERÊNCIAS

- AEB, INPE, and ITA (2005). Itasat - www.itasat.ita.br
- Almeida, F. J. (2000). Research and choice of a methodology for the conceptual design. *Revista de Ciência & Tecnologia*, 8 (16):31–42.
- Burnette, E. (2005). *Eclipse IDE*, volume 1. O'Reilly Media, Sebastopol, 1 edition.
- Danciu, T. (2002). The jasperreports ultimate guide -<http://www.jasperreports.com/jasperreports-ultimate-guide>
- dos Santos, W. A., Leonor, B. B. F., and Stephany, S. (2009). A knowledge-based and model-driven requirements engineering approach to conceptual satellite design. *Lecture Notes in Computer Science - Conceptual Modeling - ER 2009*, 1:487–500.
- Friedenthal, S., Moore, A., and Steiner, R. (2008). *A practical guide to SysML*, volume 1. Morgan Kaufmann, Oxford, UK.
- Gilbert, D. (2004). The jfreechart developer guide - <http://www.jfree.org/jfreechart/devguide.html>
- JasperSoft (2009). ireports tutorials & help - <http://jasperforge.org>.
- JBoss (2009). Drools expert user guide - www.jboss.org/drools/documentation.html.
- JDOM (2009). JDOM documentation - <http://www.jdom.org>
- Leonor, B. B. F. (2010). Um enfoque baseado em conhecimento e dirigido a modelos de engenharia de requisitos para projeto conceitual de satélites. MSc Thesis, INPE, (INPE-16670-TDI/1621).
- Leonor, B. B. F., dos Santos, W. A., and Stephany, S. (2009). A model-driven requirements engineering approach to conceptual satellite design. In *Anais... Brazilian Symposium on Aerospace Engineering*, São José dos Campos.
- Lescot, J. (2009). Topcased v3 - www.topcased.org.
- OMG (2006). Sysml specification - www.omgsysml.org.
- OMG (2009). UML - www.uml.org
- Schmidt, D. C. (2006). Model-driven engineering. *IEEE Computer*, Feb. 2006, pages 25–31.