

# MODELAGEM E SIMULAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE AERONAVES.

A. C. Galhardi<sup>1</sup>; C.E. C. Pinto<sup>2</sup>

- 1- Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – Unidade de Pesquisa e Pós-Graduação – Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos Rua dos Bandeirantes, Nº 169 – Bom Retiro – São Paulo – SP – Brasil – E-mail: [prof.galhardi@fatec.sp.gov.br](mailto:prof.galhardi@fatec.sp.gov.br)
- 2- Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – Unidade de Pesquisa e Pós-Graduação – Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos Rua dos Bandeirantes, Nº 169 – Bom Retiro – São Paulo – SP – Brasil – SP – Brasil – E-mail: [du.cassiano@uol.com.br](mailto:du.cassiano@uol.com.br)

**RESUMO:** Os processos tradicionais de desenvolvimento de sistemas são focados em documentações formais e estáticas, enquanto empresas inovadoras introduzem novas técnicas e metodologias para o desenvolvimento de sistemas, afim de melhor entenderem o problema a ser solucionado. Este artigo discute os conceitos de *Model-Based-Design – MBD* e *Model Based Testing – MBT*, e como eles podem auxiliar na redução do ciclo de desenvolvimento do produto e otimizar o "time-to-market", e sua aplicação na Embraer.

**PALAVRAS-CHAVE:** computação distribuída, testes baseados em modelos, modelagem, simulação.

**ABSTRACT:** The traditional process development projects have been document-centered, while innovated companies introduce news methods and technical to develop system to better understand the problem to be solved, these article discusses technical and innovative practices in the product development process for complex systems, showing the concepts of Model-Based-Design and Model-Based-Testing and how they can help reduce the product development cycle and improve the time to market, and its application at EMBRAER.

**KEYWORDS:** grid computing, model based testing, modeling, simulation.

## 1. INTRODUÇÃO.

A busca por técnicas de testes de sistemas que permitam melhorar a eficiência no desenvolvimento do produto é fundamental para a sobrevivência das empresas que desenvolvem sistemas complexos; uma vez que as mesmas requerem que métodos sistemáticos de aplicação de testes sejam aplicados durante o projeto. Porém pouco se trata das aplicações práticas na elaboração de testes automáticos; quanto eles realmente agregam valor ao desenvolvimento e como realizá-los de forma organizada e eficiente durante todo o processo de desenvolvimento do produto.

O desenvolvimento de sistemas complexos como modernas aeronaves, requerem métodos sistemáticos para o seu desenvolvimento e projeto. Tipicamente, o desenvolvimento se inicia com a captura de requisitos de alto nível que são registrados em formato textual. Estes requisitos geralmente formam a base para a especificação dos sistemas, que gradualmente são refinados e implementados por meio de um projeto detalhado.

Durante a implementação do projeto detalhado, os engenheiros projetistas utilizam cenários de testes estruturados para validarem os sistemas desenvolvidos e todo o seu ambiente contra os requisitos originais

previamente definidos. A construção de sistemas complexos requer alta exigência em segurança, e que por sua vez exigem rigorosos processos de especificação do comportamento do sistema; além de uma campanha de testes para garantir que a implementação satisfaça totalmente os requisitos do sistema.

Em vista deste cenário, técnicas de modelagem e simulação tornam-se um fator significativo dentro do processo de desenvolvimento do produto; tais técnicas são conhecidas como: *Model-Based-Design* – *MBD* e *Model-Based-Testing* – *MBT*; que podem ser aplicadas para reduzir o custo do projeto do sistema e até mesmo o tempo do *Time-to-Marketing*, principalmente quando aplicadas desde o início do processo de desenvolvimento.

Com a facilidade de exercitar o sistema em desenvolvimento por meio de modelos é comum a “explosão” no número de testes possíveis e desejáveis a serem realizados durante as várias etapas do desenvolvimento, desde a validação de requisitos até os testes finais; trazendo à tona a necessidade de “frameworks” e recursos computacionais de hardware e software para suportar esta necessidade.

O objetivo geral deste artigo é caracterizar parcialmente os processos de desenvolvimento de sistemas complexos. Particularmente, e como objetivos específicos, a aplicação do *Model-Based-Design* – *MBD* e o *Model-Based-Testing* – *MBT*, como ferramentas de desenvolvimento de produtos na Embraer, e os ganhos significativos em todas as etapas de desenvolvimento de produto.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para Silva [1] os processos baseados em modelagem e simulação têm sido largamente utilizados no desenvolvimento de sistemas complexos, a fim de minimizar os testes realizados em protótipos que usualmente possuem custo elevado e também para agilizar as fases de desenvolvimento do processo.

Atualmente a EMBRAER, fabricante brasileira de aeronaves de pequeno e médio porte utiliza tal tecnologia em diversas etapas do desenvolvimento do produto, desde modelos para ensaio em túnel de vento, modelos para prototipação rápida de sistemas e em ferramentas de simulação *Computer Aided Engineering*.

Segundo o escritório de modelagem e simulação do Departamento de Defesa dos Estados Unidos [2], os modelos são representações físicas, matemáticas ou lógicas de um sistema, entidade, fenômeno ou processo. Modelar consiste basicamente em aplicar padrões e rigorosas metodologias para a criação e validação de um modelo. Esta afirmação refere-se aos modelos de forma geral; no entanto, no que se refere a modelagem e simulação em engenharia, é possível se destacar algumas aplicações como: desenvolvimento de controladores, especificação e validação de requisitos de sistemas, simulação computacional, cálculos estruturais, entre outras.

Para Ferraz [3] os modelos podem ser entendidos como uma simulação computacional que modela o comportamento de algum sistema real ou imaginário, ao longo do tempo. Tais simulações são amplamente utilizadas para análise de sistemas e processos dinâmicos, como controle de tráfego aéreo, redes de comunicação, processos físicos e biológicos, e no desenvolvimento do projeto de sistemas em geral.

Para Altholff [4] a adoção das técnicas de “*Model-Based-Design*” e “*Model-Based-Testing*” vem sendo altamente utilizada no desenvolvimento de sistemas computacionais embarcados, diversas companhias tem observado as vantagens obtidas nos processos de desenvolvimento, diminuição do tempo de desenvolvimento, aumento da qualidade final do produto e uma significativa redução de custos.

Ainda Altholff [4] aponta que um dos grandes benefícios da utilização de modelos é a capacidade de desenvolver algo que pode ser entendido e utilizado por todas as pessoas

envolvidas num projeto, facilitando reuso e testes, e que podem ser tratados como especificações executáveis do sistema.

Meyers [5] comenta que com o avanço no desenvolvimento de aplicações de sistemas embarcados as técnicas de MBD e MBT, normalmente incorporadas no desenvolvimento destes produtos, se tornaram cada vez mais difundidas. O desenvolvimento de aplicações embarcadas normalmente exige: automação dos testes devido a quantidade requerida; projeto e testes orientados a modelos; modelagem matemática para atender aos requisitos de confiabilidade e desempenho; e componentes desenvolvidos para reuso.

Para Burnstein [6] o planejamento do processo de validação e verificação normalmente é realizado por meio de um Plano de Testes, que é um documento que apresenta: uma breve introdução específica os tipos de testes que serão executados ao longo do processo de desenvolvimento do produto, os objetivos destes testes, a metodologia utilizada, as técnicas e tipos de teste a serem realizados.

No final da década de 1970, 50% do tempo e 50% do custo eram empregados para testar programas ou sistemas. Hoje, apesar de linguagens de programação mais avançadas, e novos ambientes de desenvolvimento; os testes continuam tendo um papel fundamental para garantir a qualidade do produto. Para Myers [5], um bom processo de validação e verificação é atingido por meio de testes.

Pressman [7] entende verificar como confirmar com provas objetivas que requisitos especificados foram cumpridos; enquanto a validar é confirmar com provas objetivas que requisitos particulares para um determinado uso foram cumpridos.

Ainda Pressman [7] afirma que o processo de validação é muito utilizado durante a fase de levantamento de requisitos, para certificar que o sistema a ser construído irá ser capaz de atender aos requisitos de mercado. Já na verificação ela ocorre praticamente em todas as fases do desenvolvimento, para garantir que os

produtos de uma dada fase implementem em sua totalidade as entradas e saídas especificadas, ou seja, o produto foi construído corretamente.

O contexto da computação distribuída tratado neste artigo utiliza o conceito de *Distributed High Throughput Computing* – DHTC, que trata de sua efetiva utilização para o gerenciamento e a exploração de todo recurso de computação disponível.

Thain, Tannenbun e Livny [8] comentam que o Projeto Condor, criado em 1985 é um exemplo típico de uma de *Distributed High Throughput Computing*, é especializado no *High-Throughput Computing* clássico, que é um termo de ciência da computação para descrever o uso de muitos recursos computacionais durante longos períodos de tempo, para realizar uma tarefa computacional.

### 3. METODOLOGIA

Utilizou-se uma aplicação prática para se determinar o melhor tempo de acomodação do controlador principal do sistema de ar condicionado de uma aeronave executiva de pequeno porte.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Utilização de MBD e MBT possibilita a escrita de testes efetivos para todas as principais etapas de desenvolvimento do produto, já no início do desenvolvimento na especificação de requisitos através de modelos já é possível identificar a dificuldade de implementação de determinados requisitos.

Desenvolver testes para validação e verificação de sistemas complexos exige um grande conhecimento sobre o sistema desenvolvido. Desenvolvendo testes em paralelo com o projeto e desenvolvimento do sistema, possibilita o engajamento do engenheiro de testes ainda nas fases preliminares do desenvolvimento do sistema facilitando o processo de Validação e Verificação. Esta colaboração resulta numa verificação antecipada do produto reduzindo

custos e aumentando o tempo para correção de erros sem afetar a entrega final do produto.

O reuso de testes é a palavra chave da metodologia "*Model-Based-Design*". A capacidade de executar os mesmos testes já realizados por meio de modelos nos hardwares reais. Possibilita saber exatamente como os componentes físicos devem se comportar no laboratório. Se os testes encontrarem valores inesperados, o reuso dos testes nos possibilita de forma fácil e rápida interagir com o projeto e solucionar o problema.

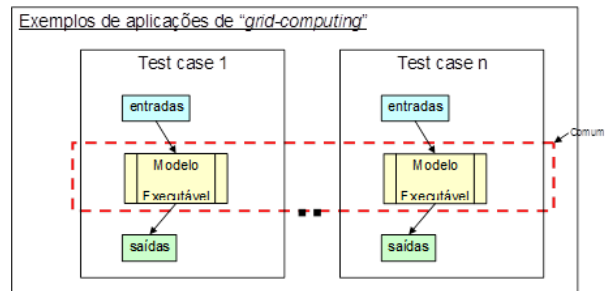
Tempo e custo geralmente são os limites da quantidade e variabilidade de características testadas no produto. A possibilidade de realização de testes em ambientes simulados possibilita a simulação de cenários de teste de forma rápida e até mesmo de forma paralela, explorando os domínios do problema em laboratórios.

O ciclo de desenvolvimento utilizando as técnicas de MBD e MBT permite a validação e verificação continua ao longo de todas as etapas do processo, conforme descrito anteriormente. Com a evolução do desenvolvimento, os modelos e a arquitetura do produto vão adquirindo um nível de fidelidade maior, possibilitando outras etapas de validação, como testes de integração e testes de sistemas. Já nas etapas finais de desenvolvimento, técnicas como HIL "*Hardware-in-the-loop*" possibilitam a realização de validação e verificação em ambientes simulados com cenários bem próximos ao ambiente real em que o produto final irá ser submetido aos testes.

Com o crescimento do número de testes, os recursos computacionais de hardware e software passaram a ser gargalos. Assim a computação paralela pode auxiliar na solução deste problema, por meio do poder computacional oferecido pela tecnologia.

Atualmente as grandes empresas possuem um parque de desktops de engenharia que, em geral, ficam inoperantes, durante grande parte do dia. Esses recursos de hardware podem ser utilizados para realizar um grande número de testes.

Este potencial de processamento na forma de "*grid-computing*" pode ser utilizado em baixo acoplamento, ou seja, onde as tarefas de execução dos casos de teste são divididas entre os membros do *grid*.

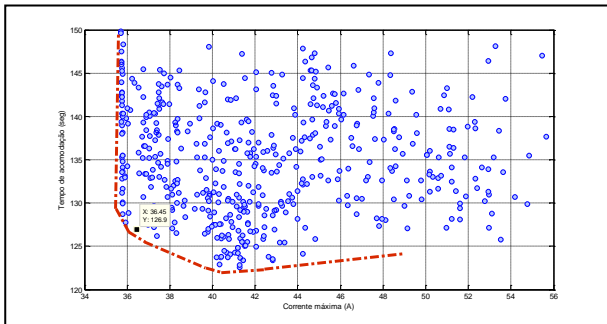


**Figura 1** – Distribuição da tarefa de teste entre os nós do "*grid-computing*"

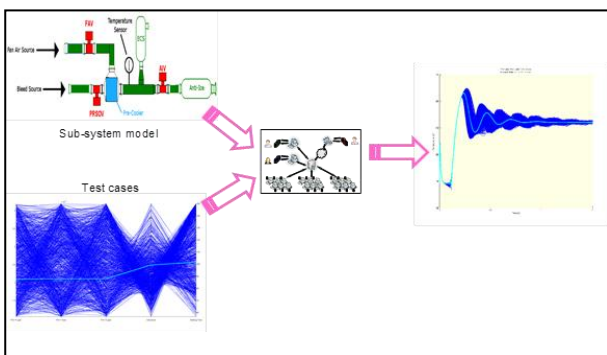
Observa-se na Figura 1, os casos de testes e o modelo de simulação distribuído entre os nós da rede; ou seja: nos desktops de engenharia. Observa-se ainda que o modelo possa ser sempre o mesmo em todos os casos.

Uma aplicação prática para se determinar o melhor tempo de acomodação do controlador principal do sistema de ar condicionado de uma aeronave executiva de pequeno porte, tinha-se a necessidade de exercitar a varredura de cinco parâmetros do controlador com no mínimo vinte pontos por parâmetro o que resultava em cem casos de simulação; como cada caso demandava 10,2 minutos para sua execução, num total de 17h de simulação, empregou-se a técnica de *grid-computing*. Com a utilização do *grid computing* para realizar as simulações, obteve-se uma redução de 95% do tempo gasto, em um parque de 18 desktops de engenharia. Na Figura 2 observa-se a fronteira dos resultados das simulações de teste; enquanto a Figura 3 ilustra a filosofia para execução dos casos de testes.





**Figura 2** – Fronteira de Pareto dos resultados dos testes



**Figura 3** – Filosofia utilizada para execução dos casos de teste através do “grid-computing”

## 5. CONCLUSÕES

Por meio desta pesquisa, verificou-se que as empresas que implementaram as técnicas inovadoras de “*Model-Based-Design*” e “*Model-Based-Testing*” obtiveram ganhos significativos em todas as etapas do processo de desenvolvimento do produto.

As técnicas de “*Model-Based-Testing*”, evidenciada no relato de estudo da Embraer que possibilitam o envolvimento do engenheiro de testes desde o início do desenvolvimento, e permitem antecipar a detecção de defeitos reduzindo custos.

Foi possível verificar a importância do planejamento dos testes ao longo do desenvolvimento a fim de garantir a maturidade do produto desenvolvido.

Por fim, ficaram evidenciados os ganhos da utilização da técnica de “*grid-computing*” na execução dos testes em ambiente simulado.

## 6. REFERÊNCIAS

- 1- SILVA, Edimar Thomaz, “*Quantitative Methods for management decisions in flight test campaigns for aeronautical certification*”. Dissertação de Mestrado do ITA, 2003.
- 2- DEPARTMENT OF DEFENSE, MIL-STD-882-SD, standard practice for system safety. Fevereiro 2007.
- 3- FERRAZ, Rodrigo Barroca Dias, Proposta de Ferramenta para desenvolvimento de simuladores, Dissertação de Mestrado, USP - São Paulo, 2010.
- 4- ALTHOLFF, Guilherme Figueira, Using executable assertions for runtime fault detection in a Model-Based Software Development Approach. Dissertação de Mestrado do ITA, 2007.
- 5- MYERS, Glenford J. The Art of Software Testing: John Wiley & Sons, 2010.
- 6- BURNSTEIN, Ilene. Practical Software Testing, Springer, EUA 2003.
- 7- PRESSMAN, Roger. Software Engineering: A Practitioner’s Approach, 5º edition, EUA 2007.
- 8- THAIN Douglas, TANNENBAUM Todd e LIVNY Miron, “*Distributed Computing in Practice: The Condor Experience*”. Concurrency and Computation: Practice and Experience, Vol. 17, No. 2-4, pages 323-356, EUA, Abril 2005.