

## Engenharia de Sistemas, Qualidade e Gerenciamento de Sistemas Espaciais (SQG)

DISCIPLINAS OBRIGATÓRIAS (O) ELETIVAS (E)	Mestrado (M) / Doutorad o (D)	Crédito s	Carga horária (horas)	Everson Máttos	Geilson Loureiro	Jognes Panasiewicz Jr.	José Osvaldo Rossi	Leonel Fernando Perondi	Maria de Fátima Mattielo Francisco	Milton de Freitas Chagas Junior	Maurício Gonçalves Vieira Ferreira	Walter Abrahão dos Santos	NÚMERO DOCENTES / DISCIPLINA
Introdução à Engenharia de Sistemas Espaciais (O)	M/D	4	60		X							X	2
Introdução à Gestão de Projetos I (O)	M/D	4	60					X		X			2
Métodos e Processos na Área Espacial (O)	M/D	4	60				X	X					2
Redação e Oficina de Artigos Científicos I (O)	M/D	2	30						X		X		2
Tópicos Avançados em aplicações de Alta Tensão no Espaço	M/D	4	60				X						1
Engenharia da Qualidade em Sistemas Espaciais (E)	M/D	4	60					X					1
Engenharia de Missões de Pequenos Satélites (E)	M/D	4	60									X	1
Engenharia de Requisitos (E)	M/D	4	60		X								1
Garantia do Produto de Sistemas Espaciais (E)	M/D	4	60					X					1
Modelagem e Controle de EPS (E)	M/D	4	60	X									1
Modelagem para a Engenharia de Sistemas e MBSE (E)	M/D	4	60		X								1
Montagem, Integração e Testes de Sistemas Espaciais (E)	M/D	4	60		X								1
Planejamento e Gestão da Qualidade (E)	M/D	4	60					X					1
Processo de Desenvolvimento de Software (E)	M/D	4	60								X		1
Rádios Definidos por Software e Rádios Cognitivos (E)	M/D	4	60									X	1
Sistemas e Conceitos em Operação de Satélites (E)	M/D	4	60					X					1
Técnicas e Dispositivos de Modulação e Detecção Óptica (E)	M/D	4	60			X							1
Tópicos Especiais em Engenharia de Sistemas, Gestão da Qualidade e Gestão de Projetos aplicados a Sistemas Espaciais (E)	M/D	4	60							X			1
Processos, métodos e ferramentas de Verificação e Validação de Sistemas Espaciais (E)	M/D	4	60						X				1
<b>NÚMERO DE DISCIPLINAS / DOCENTE</b>				1	4	1	2	5	3	2	2	3	

**Nome: Introdução à Engenharia de Sistemas Espaciais**

Nível: Mestrado e Doutorado

Créditos: 4

Carga horária: 60 horas

Obrigatoria: Sim

Ementa: Motivação para a engenharia de sistemas. Conceitos básicos em sistemas. Declaração da necessidade. Análise de stakeholders. Requisitos de stakeholders. Conceitos de operação. Arquitetura operacional de sistema. Análise de missão. Conceitos básicos em requisitos. Requisitos de sistema por análise. Requisitos de sistema por projeto. Análise funcional. Arquitetura de sistemas. Projeto detalhado de sistemas.

Bibliografia:

LARSSON, W. J et al. Applied space systems engineering. 1st ed. MacGraw-Hill Education. 2009. ISBN-10:0073408867, ISBN-13: 978-0073408866

NASA. SP6105. Systems Engineering Handbook. 2007. (disponível no site da NASA, [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov))

BLANCHARD, B.; FABRYCKY, W. Systems Engineering and Analysis. 4th ed. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, NJ, 2004.

LARSON, W. J.; WETRZ, J. R. (Eds); Space Mission Analysis and Design. 3rd ed. Microcosm Press, New York, 1999 ISBN.: 1881883108 STEVENS, R. et al. Systems Engineering Coping with Complexity, Prentice Hall Europe, London, 1998.

LOUREIRO, G.; A systems engineering and concurrent engineering framework for the integrated development of complex products. Loughborough University. 1999. PhD Thesis.

Docente Responsável: Geilson Loureiro

**Nome: Introdução à Gestão de Projetos I**

Nível: Mestrado e Doutorado

Créditos: 4

Carga horária: 60 horas

Obrigatoria: Sim

Ementa: 1. Conceitos de Gestão de Projetos: atributos, ciclo de vida, processo de gestão. 2. Execução do Projeto: planejamento, gerenciamento de riscos, realização do projeto, controle do projeto, conclusão do projeto. 3. Planejamento e controle do projeto: definição dos produtos, estrutura do projeto (WBS), matriz de responsabilidades, definição de atividades. 4. Cronograma: estimativa de duração das atividades, datas de início e de conclusão do projeto, redes de atividades (CPM, PERT). 5. Controle do cronograma. 6. Gerenciamento de risco. 7. Software de Gestão de Projeto. 8. Projetos e Processos.

Bibliografia:

LESTER, A., Project Planning and Control, Managing Engineering, Construction and Manufacturing Projects Oxford, Elsevier, 2006. SALVENDY, G. (editor), Handbook of Industrial Engineering, New York, John Wiley, 2001.

CHARVAT, J., Project Management Methodologies: Selecting, Implementing, and Supporting Methodologies and Processes for Projects, New York, John Wiley, 2003.

Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge, 6th ed. Philadelphia, Project Management Institute, 2017.

GIDO, J., CLEMENTS, J.P., Gestão de Projetos, São Paulo, Thomson Learning, 2007. (ISBN 978-85-221-0555-7).

JURAN, J.M., GRYNA, F.M., BINGHAM, R.S. (editores), Quality Control Handbook, New York, McGraw-Hill, 1979.

GAITHER, N., FRAZIER, G., Administração da Produção e Operações, Thomson Learning, 2002.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION, BS 6079. Project Management Principles and Guidance (2019).

Docente Responsável: Milton de Freitas Chagas Junior

#### Nome: Métodos e Processos na Área Espacial

Nível: Mestrado e Doutorado

Créditos: 4

Carga horária: 60 horas

Obrigatoriedade: Sim

Ementa: 1. Introdução à produção seriada de sistemas: breve histórico, máquinas-ferramentas, metrologia, processos, integração de sistemas. 2. Organizações: características e modelos de sistema de produção; estrutura organizacional por processos. 3. Processos: definição de processo, visão sistêmica de processos. 4. Tipologia de estrutura de organizações: funcional, matricial, por projeto. 5. Operações e projetos. 6. Princípios de Engenharia de Sistemas. 7. Ciclo de vida de projetos na área espacial segundo diferentes padrões. 8. Descrição de processos implementados no ciclo de vida de projetos conforme os Padrões ECSS, NASA, PMBOK e ISO. 9. Conceitos de Gestão de Projetos: requisitos, ciclo de vida, processos de gestão. 10. Padrões de Gerenciamento de Projeto para a área espacial. 11. Padrões de Engenharia de Sistemas para projetos na área espacial. 12. Padrões de Gestão da Qualidade aplicados a projetos na área espacial.

Bibliografia:

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, A Guide to the Project Management Body of Knowledge, 6a. Ed., Philadelphia, Project Management Institute, 2017.

GIDO, J., CLEMENTS, J.P., Gestão de Projetos, São Paulo, Thomson Learning, 2007.

JURAN, J.M., GRYNA, F.M., BINGHAM, R.S. (editors), Quality Control Handbook, New York, McGraw-Hill, 1979.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION, BS 6079, Part 1, Guide to Project Management, BSI (2002).

BARBARÁ, S.(org.), Gestão por Processos: Fundamentos, Técnicas e Modelos de Implementação, 2a. Ed., Rio de Janeiro, Qualitymark, 2008.

MENEZES, L.C.M., Gestão de Projetos, 2a. Ed., São Paulo, Atlas, 2008.

RABECHINI Jr., R., CARVALHO, M.M., Gerenciamento de Projetos na Prática, São Paulo, Atlas, 2006.

DAFT, R.L., Organizações: Teoria e Projetos, 2a. Ed., São Paulo, Cengage Learning, 2008.

KERZNER, H., Gestão de Projetos: As Melhores Práticas, 2a. Ed., São Paulo, Artmed Editora (Bookman), 2008.

CARPINETTI, L.C.R., MIGUEL, P.A.C., Gestão da Qualidade: ISO 9001:2000, São Paulo, Atlas, 2009.

HASKINS, C., Systems engineering handbook: A guide for system life cycle processes and activities 4 Ed., San Diego, [S.I.]: INCOSE, 2006.

NASA Systems Engineering Handbook, Washington, D.C., National Aeronautics and Space Administration, 2016.

15288-2015 - ISO/IEC/IEEE International Standard - Systems and software

engineering - System life cycle processes, Geneva, International Organization for Standardization - ISO, 2015.

ECSS-E-HB-11A Space Engineering, Nordwijk, European Cooperation for Space Standardization - ECSS, 2017.

ECSS-M-ST-10C Space Project Management, European Cooperation for Space Standardization - ECSS, 2009.

Docente Responsável: Leonel Fernando Perondi

#### Nome: Redação e Oficina de Artigos Científicos

Nível: Mestrado e Doutorado

Créditos: 2

Carga horária: 30 horas

Obrigatoriedade: Não

Ementa: Contextualização sobre pesquisa Científica, conceitos gerais e dimensão das populações científica e sua produção. O Método Científico, pesquisa, resumo, escolha do tema, palavras-chave, plágio, estrutura de trabalhos científicos, proposta (solução), experimentos (resultados), revisão bibliográfica. Pesquisa bibliográfica em bases de dados acadêmicas (Medline, Web of Science, Scopus, Scielo, Cinahl, Google scholar). Publicação de artigos, periódicos indexados e bases de dados científicos, fator de Impacto e Qualis. Porque escrever um artigo e onde publicar. Processo de revisão, envolvidos e etapas do processo de revisão, decisões do conselho editorial.

Bibliografia:

VOLPATO G. L. Guia prático para redação científica. 2015. Editora Best Writing.

VOLPATO G. L. VOLPATO. Dicas para redação científica. 4ª Edição, 2016. Editora Best Writing.

WAZLAWICK R. S., Metodologia de pesquisa para Ciência da Computação. 2ª Edição, 2014. Elsevier.

PHILLIPS E.M., PUGH D.S. How to get a PhD - A handbook for students and their supervisors - Open University

Press disponível em <http://www.ntu.edu.vn/Portals/73/How%20to%20Get%20a%20PhD.pdf>.

VIEIRA, S. Como escrever uma Tese. 6ª Edição, São Paulo 2008. Atlas.

Docente Responsável: Mauricio Gonçalves Vieira Ferreira

#### Nome: Tópicos Avançados em Aplicações de Alta Tensão no Espaço

Nível: Mestrado e Doutorado

Créditos: 4

Carga horária: 60 horas

Obrigatoriedade: Não

Ementa: Introdução: Necessidade e Prospectos de Aplicações de Alta Tensão (AT) em Sistemas Embaçados no Espaço; Lasers e Microondas de Alta potência no Espaço; Tecnologias Alternativas (Potência Pulsada); Linhas de Transmissão de Placas Paralelas (Strip Lines); Transformadoras de Linhas de Transmissão (TLTs); Linhas de Transmissão Empilhadas (Stacked Blumlein); Propriedades de Materiais Dielétricos; Compostos Dielétricos Cerâmicos para Uso em Linhas Compactas; Estudos de Formação de Ondas solitárias em Linhas Não Lineares; Geração de RF Usando Linhas Giromagnéticas; Prospectos de Geração de RF Empregando Linhas LC Dispersivas e Giromagnéticas.

Bibliografia:

SMITH, P. W. Transient Electronics: Pulsed Circuit Technology, West Sussex, UK, Wiley, 2002. (ISBN 0-0471-97773-X).

SARGEANT, W. J.; DOLLINGER R. E. High Power Electronics, Blue Ridge Summit, PA, TAB Books Inc., 1989. (ISBN 0-8306-9094-8).

MESYAT, G.A. Pulsed Power, New York, NY, Springer, 2005. (ISBN 0-306-48653-9).

PAI, S. T.; ZHANG, Q. Introduction to Pulsed Power Technology, Singapore, World Scientific, 2003. (ISBN 981-02-1714-5).

NAIDU, M. S.; KAMARAJU, V. High Voltage Engineering, New York, NY, McGraw-Hill, 1995. (ISBN 0-07-462286-2).

Docente Responsável: José Osvaldo Rossi

#### Nome: Engenharia da Qualidade em Sistemas Espaciais

Nível: Mestrado e Doutorado

Créditos: 4

Carga horária: 60 horas

Obrigatoriedade: Não

Ementa: Custos da qualidade. Conceitos de qualidade. Ferramentas básicas de solução de problemas. Qualidade em projeto: QFD e fundamentos de confiabilidade, projeto de parâmetros, projeto de tolerâncias, projeto de experimentos, FMEA, engenharia simultânea, projeto de processos. Controle estatístico da qualidade na produção: cartas de controle, capacidade de processos. Metrologia. Qualidade em compras: amostragem estatística para aceitação.

Bibliografia:

JURAN, J. M.E GRYNA, F. Quality analysis and planning, MacGraw Hill, New York, 1993.

KRISHNAMOORTHI, K. S. Quality engineering, Pearson Education, Inc, Londres, 2006. ISBN: 0-13-147201-1

MONTGOMERY, D. C. Design and Analysis of Experiments. John Wiley & Sons, New York, 1990.

TAGUCHI, G.; ELSAYED, E.; HSIANG, T. Engenharia da Qualidade em Sistemas de Produção. McGraw-Hill, New York, 1991

Docente Responsável: Leonel Fernando Perondi

#### Nome: Engenharia de Missões de Pequenos Satélites

Nível: Mestrado e Doutorado

Créditos: 4

Carga horária: 60 horas

Obrigatoriedade: Não

Ementa: CubeSat missions. Mission management and operations systems engineering. Review of Orbit Design: The orbit design process. Launch vehicles. Earth coverage. Simple delta-V budgets. Selecting orbits. Common Examples. Mission Concept: Defining a payload and a CubeSat platform. Mission Timeline. Design, production, test campaigns, launch, deployment and operations. Mechanical Design. Frameworks and structures, stress analysis, loads and stiffness, elastic instabilities, vibration, materials selection, structural analysis. Thermal Design. Thermal sources and transport mechanisms in space, thermal balance, thermal control elements, thermal design and implementation. Power Systems Design. Power generation, storage, regulation and monitoring. Harnesses and connectors, EMC, shielding and grounding, monitoring and protection. Comms and Data Handling Design: Tracking, telemetry and command systems. RF link, data handling, OBUs. Guidance, Navigation and ADCS Systems: Orbit determination and control. Attitude determination and control algorithms. Mechanisms: Mechanisms kinematics, bearings and lubrication. Motors, drives and wheels. Materials. Payload Design Production and Testing: Detailed design, production, ambient test campaign, environmental test campaign. Payload Delivery. Course project, workshops and case study.

Bibliografia:

NASA, NASA CubeSat 101: Basic Concepts and Processes for First-Time CubeSat Developers, NASA CubeSat Launch Initiative, Oct. 2017.

FORTESCUE, P., SWINERD, G. & STARK, J. (Editors), Spacecraft Systems Engineering, 4th Edition, 2011.

NASA, NASA Systems Engineering Handbook, NASA-SP-2016-6105 Rev2, 2016.

WERTZ, J.R., EVERETT, D.F., PUSCHELL, J.J., Space Mission Engineering: The New SMAD. 1st ed. Microcosm Press, New York, 2011.

WERTZ, J. R., LARSON, W. J. (editors) Reducing Space Mission Cost, Space

Technology Library, Dordrecht, Kluwer, 1999. (ISBN 1-881883-05-1)

CCSDS, General Documents, <http://public.ccsds.org/publications/default.aspx>

CCSDS, The Collaborative Work Environment (CWE), <http://cwe.ccsds.org>

TANENBAUM, A. Computer Networks. Prentice-Hall, 4 ed., 2003.

Docente Responsável: Walter Abrahao dos Santos

**Nome: Engenharia de Requisitos**

Nível: Mestrado e Doutorado

Créditos: 4

Carga horária: 60 horas

Obrigatoria: Não

Ementa: 1) Introdução à Engenharia de Requisitos. Conceito de partes interessadas. 2) Identificação de necessidades de partes interessadas. Conceito de operações e identificação ampla de partes interessadas. 3) Transformando necessidades em requisitos. Classificação e contextualização de requisitos. 4) A estrutura de um requisito. Características da redação de um requisito: não ambiguidade, rastreabilidade e verificabilidade. Validação de requisitos junto a partes interessadas. A gestão de requisitos. 5) A Engenharia de Requisitos em um projeto. 6) A gestão de requisitos e o controle de configuração. Requisitos como itens críticos em um projeto. 7) Modelagem de sistemas para a Engenharia de Requisitos. 8) Rastreabilidade avançada. 11) Aspectos gerenciais da Engenharia de Requisitos. 12) Ferramentas para a gestão de requisitos

Bibliografia:  
SECRETARIAT, ECSS. (2009) ECSS-E-ST-10-06C, Technical requirements specification.

EFREMOV, A. A., & GAYDAMAKA, K. I. (2019, September). INCOSE guide for writing requirements. Translation experience, adaptation perspectives. In Proceedings of the CEUR Workshop Proceedings, Como, Italy (pp. 9-11).

ALEXANDER, I. F., STEVENS, R. Writing Better Requirements. Addison-Wesley, London, UK, 2002

HULL, M. E. C., JACKSON, K., DICK, A. J. Requirements Engineering. Springer, London, UK, 2002

YOUNG, R. R. Effective Requirements Practices. Addison-Wesley, Boston, USA, 2001

IEEE Std 830-1998, IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications. IEEE, Piscataway, NJ, 1998

IEEE Std 1233, 1998 Edition, IEEE Guide for Developing System Requirements Specifications. IEEE, Piscataway, NJ, 1998

Docente Responsável: Géilson Loureiro

**Nome: Garantia do Produto de Sistemas Espaciais**

Nível: Mestrado e Doutorado

Créditos: 4

Carga horária: 60 horas

Obrigatoria: Não

Ementa: Noções gerais da garantia do produto: qualidade, histórico, desdobramento do controle da qualidade e do gerenciamento da qualidade total (Juran, Crosby, Taguchi) e sistema de gestão da qualidade aeroespacial. Política das Agências Espaciais (NASA, ESA, CNES). Política das indústrias em geral (ISO 9000, AS 9100). Função da garantia do produto nos projetos, ligações com outras entidades (i.e. engenharia, gerenciamento da configuração). Fundamentos matemáticos para garantia do produto: estatística, aplicação em CEP (Controle Estatístico de Processo); probabilidades, aplicação em predição de confiabilidade e manutenibilidade. Teste de confiabilidade e aplicação da lei de Weibull, Gráfico de Markov, redes de Petri. Demonstração de Confiabilidade, teste de Bayes, técnicas da garantia do produto - Análises de confiabilidade (FMEA, FMECA, pior caso...). Teste de confiabilidade: ESS (Environmental Stress Screening). Avaliações e auditorias. Análises críticas de projeto (design review). Garantia da qualidade de software. Garantia do produto na fase de projeto e Desenvolvimento; - Engenharia de Confiabilidade; - Avaliação da de segurança. Engenharia de Manutenibilidade. Garantia da qualidade de suprimento; Tradeoffs de projeto. Processo de qualificação. Processamento de não conformidades. Garantia do produto na fase de fabricação: Garantia e controle da qualidade. Processamento da não conformidade.

Bibliografia:  
CARLSEN, R.; ANN, J.; GERBER, J. F. Manual of Quality Assurance Procedures and Forms. McHugh Prentice-Hall Inc., 1981

ANDERSON, R. T. Reliability Handbook. IIT Research Institute, 1976

BARCANTE, L. C. Qualidade Total: uma visão brasileira, o impacto estratégico na universidade e na empresa. Campus, Rio de Janeiro, 1998

BARROS, C. D. C. Qualidade & participação: o caminho para o êxito. Editora Nobel, São Paulo, 1991

D'ANGELO, F. Padrões normativos para sistemas da qualidade. In: Amato Neto, J. (Org.). Manufatura classe mundial conceitos, estratégicas e aplicações. São Paulo: Atlas, 2001

DEPARTMENT OF DEFENSE. MIL-STD-109C: quality assurance terms and definitions. Washington, 1994

ISHIKAWA, K. TQC - Total quality control: estratégica e administração da qualidade. IMC, São Paulo, 1986

JURAN, J. M.; GRYNA, F. M. Juran's quality control handbook. McGraw-Hill, New York, 1988

MARANHÃO M. ISO série 9000: manual de implementação, versão 2000. Qualitymark, Rio de Janeiro, 2001

MELLO, C. H. P. et al. Sistema de gestão da qualidade para operações de produção e serviços. Ed. Atlas, São Paulo, 2002

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Recommended aerospace quality clauses. Washington, 2005. Disponível em: <[http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/quality/qa\\_clause/frameset.htm](http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/quality/qa_clause/frameset.htm)>. Acesso em: 9 jun 2005

SAE AEROSPACE. Quality management system assessment. Washington D.C.: SAE, 2003. (SAE AS9101 Rev. B)

SAE AEROSPACE. Quality management systems-aerospace-requirements. Washington D.C.: SAE, 2004. (SAE AS 9100 Rev. B)

SAE AEROSPACE. Requirements for certification/registration of aerospace quality management systems. Washington D.C.: SAE, 2003. (SAE AIR 5359 Rev. B)

Docente Responsável:  
Leônio Fernando Perondi**Nome: Modelagem e Controle de EPS**

Nível: Mestrado e Doutorado

Créditos: 4

Carga horária: 60 horas

Obrigatoria: Não

Ementa: 1.1 - O que é um conversor estático de potência 1.2 - Por que devemos controlar um conversor estático 1.3 - Por que necessitamos modelar o sistema 1.4 - Tipos de modelos 2.1 - Modelo dinâmico ou modelo CA 2.1.1 - Conceitos fundamentais 2.2 - Principais técnicas de modelagem 2.2.1 - Modelo médio por espaço de estados 2.2.2 - Modelo médio da chave PWM 2.3 - Funções de transferência 2.4 - Conceitos relativos a polos e zeros 2.5 - Zeros no semiplano direito 2.6 - Modelo em coordenadas abc,  $\bar{a}\bar{b}\bar{c}$  0, dq0 2.7 - Modelo do modulador por largura de pulso 3.1 - Ferramentas de análise e projeto de sistemas de controle 3.1.1 - Análise temporal: regime permanente e transitório 3.1.2 - Lugar das raízes 3.1.3 - Diagrama de Bode 3.2 - Controle clássico de conversores estáticos 3.2.1 - Efeitos da realimentação 3.2.2 - Ações básicas de controle 3.2.3 - Projeto de compensadores 3.3 - Descrição do sistema de controle 3.4 - Malha de corrente 3.5 - Malha de tensão 4.1 - Projeto de PID 4.2 - Projeto usando o princípio do modelo interno 4.2.1 - Projeto de ressonantes

Bibliografia:

ERICKSON R. W., MAKSIMOVIC D., "Fundamentals of Power Electronics", Springer, 3rd 2020.

J. G. Kassakian, M. F. Schlecht, G. C. Verghese, "Principles of Power Electronics", Cambridge University Press, 2nd Revised, 2023.

HOLMES, D. G., LIPO, T. A., Pulse Width Modulation for Power Converters, IEEE Press Series on Power Engineering, Wiley-Interscience, 2003.

SKVARENINA T. L., The Power Electronics Handbook, CRC Press, 2001.

MOHAN N., UNDELAND, T. M., ROBBINS, W. P., Power Electronics: Converters, Applications and Design, 3rd edition, Ed. John Wiley & Sons, 2002.

Docente Responsável: Everson Matos

**Nome: Modelagem para a engenharia de sistemas e MBSE**

Nível: Mestrado e Doutorado

Créditos: 4

Carga horária: 60 horas

Obrigatoria: Não

Ementa: Modelos. Modelagem descritiva. Análise estruturada e projeto. UML (Linguagem de modelagem unificada). SysML (Linguagem de modelagem de sistemas). Ferramentas de engenharia de sistemas baseada em modelos. Ferramentas de gestão do ciclo de vida de sistemas. Engenharia de sistemas baseada em modelos na NASA, na ESA e no INPE.

Bibliografia:

MBASE - Model Based for System Engineering - Conteúdo online disponível em: [https://mb4se.esa.int/MB4SE\\_Home.html](https://mb4se.esa.int/MB4SE_Home.html). Acessado em: 2022-05-26.

WHAT IS SysML? - Conteúdo online disponível em: <https://www.omg.org/syml/index.htm>. Acessado em: 2022-05-26

SysML, and the On-going SysML v2 Evolution - Presentation in 7th International Systems & Concurrent Engineering for Space Applications Conference (SECESA), Madrid, Spain, 2016 Disponível em <https://indico.esa.int/event/310/timetable/>. Acessado 2022-05-11.

JL VOIRIN, S. BONNET, D. EXERTIER, V. NORMAND - Simplifying (and enriching) SysML to perform functional analysis and model instances - 26th Annual INCOSE International Symposium (IS 2016) Edinburgh, Scotland, UK, July 18-21, 2016 - Thales Alenia Space. - Disponível em: [https://download.eclipse.org/capella/public/INCOSE\\_Capella\\_SysML\\_paper.pdf](https://download.eclipse.org/capella/public/INCOSE_Capella_SysML_paper.pdf). Acessado em: 2022-05-05.

YOURDON, E. Modern structured analysis. Prentice Hall, 1988. ISBN-10: 0135986249, ISBN-13: 978-0135986240

HATLEY, D. J. & PIRBHAI, I.A. Strategies for real-time system specification. Dorset House, 1988. ISBN-10: 0932633110, ISBN-13: 978-0932633118

HATLEY, D., HRUSCHKA, P. & PIRBHAI, I. Process for system architecture and requirements engineering. Dorset House, 2000. ISBN-10: 09232633412, ISBN-13: 978-9326333415

WEILKENS, S. Systems engineering with SysML: modeling, analysis, design (The MK/OMG Press). Morgan Kaufmann, 2008. ISBN

FRIEDENTHAL, S. et al. A practical guide to SysML: the systems modeling language, 3rd edition. Morgan Kaufmann, 2014. ISBN-10: 0128002026, ISBN-13: 978-0128002025

FRIEDENTHAL, S. & OSTER, C. Architecting spacecraft with SysML: a model-based systems engineering approach. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017. ISBN-10: 1544288069, ISBN-13: 978-1544288062

J. WHITEHOUSE - MBSE at ESA - State of MBSE in ESA Missions and Activities presentation at MBSE2021 Conference - 29/09/2021 - Conteúdo online disponível em: <https://indico.esa.int/event/386/timetable/>. Acessado em: 2022-05-26

FISCHER, P. M., LÜDTKE, D., LANGE, C. et al. Implementing model-based system engineering for the whole lifecycle of a spacecraft. CEAS Space J, 39, 351-365 (2017). <https://doi.org/10.1007/s12567-017-0166-4>

C. COELHO, L. LICA, K. SCHNEIDER, S. JAHNKE, R. BENVENTO, PANITZSCH, A.G. FERNANDEZ - Towards a MBSE Best Practices Book for Space Projects - CGI Deutschland B.V. & Co. KG Mornewegstr. 30, 64293 Darmstadt, Germany - 2 OHB System AG Universitätsallee 27-29, D-28359 Bremen, Germany - 3 European Space Agency - ESA Keplerlaan 1, 2201AZ Noordwijk, Netherlands. Conteúdo online disponível em: <https://indico.esa.int/event/386/timetable/>

B.G. RODRIGUEZ, F.CATALIN-GREC - First lessons learned from adopting a Model-Based System Engineering approach in early phases of complex satellite systems presentation at MBSE2021 Conference - 29/09/2021 - Conteúdo online disponível em: <https://indico.esa.int/event/386/timetable/>. Acessado em: 2022-05-26

ARCADIA Datasheet - Um Método Embutido na Ferramenta - Conteúdo online disponível em: <https://www.eclipse.org/capella/arcadia.html>. Acessado em: 2022-05-26

The spirit of Arcadia and Capella in 7 minutes - Eclipse Capella - Open Source MBSE Solution. Video online disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=B7zhIZuWaW8>

Equivalences and Differences Between SysML and Arcadia/Capella - Conteúdo online disponível em: [https://www.eclipse.org/capella/arcadia\\_capella\\_sysml\\_tool.html](https://www.eclipse.org/capella/arcadia_capella_sysml_tool.html). Acessado em: 2022-06-05.

Docente Responsável: Géilson Loureiro

**Nome: Montagem, Integração e Testes de Sistemas Espaciais**

Nível: Mestrado e Doutorado

Créditos: 4

Carga horária: 60 horas

Obrigatória: Não

Ementa:

Etapas de desenvolvimento de um satélite, modelos sistêmicos, elementos constitutivos, das revisões de projeto; Plano de AIT (Montagem, Integração e Verificação): o processo global da Verificação, a filosofia de modelos, e as estratégias da verificação subsistêmica e sistêmica de hardware espaciais; Qualificação de Equipamento/Subsistemas Espaciais: requisitos gerais, testes de qualificação, testes de aceitação; Plano de AIT: Workflow das atividades de AIT (montagem, integração e teste) de satélites, atividades de montagem e integração mecânicas, atividades de integração & testes funcionais elétricos, simulação e testes ambientais, o planejamento das atividades de montagem, integração e testes; testes para campanha de lançamento; Plano de QA AIT: planejamento, organização e controle das atividades de QA AIT, atividades gerais, das revisões de testes/procedimentos/resultados, dos registros/Logs/Itens de Não conformidades; Equipamentos de suporte de testes: métodos e EGSE para a AIT elétrica, métodos e MGSE para a AIT mecânica, projeto de SCOE (Equipamento Específico para Check-out) e OCCEs (Equipamento Geral para Check-out). Infraestrutura de testes: características gerais, projeto de instalações de testes de satélites, dos requisitos de instalações de teste de satélites, instalações de testes x modelos sistêmicos de satélites; Estudo de casos de AIT.

Bibliografia:

AEROSPACE CORPORATION, TR-2004(8583)-1-rev A: Test Requirements for Launch, Upper-Stage and Space Vehicles. Los Angeles, 2004. EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARD. ECSS-E-60A: Space Engineering. Noordwijk, 2004.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION Jet Propulsion Laboratory.

DMIE-43913: JPL/NASA Design, Verification/Validation and Operations Principles for Flight Systems. Los Angeles, 2002.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Goddard Space Flight Center: GSFC-STD-1001: Criteria for Flight Project Reviews. Washington, DC, 2005.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Goddard Space Flight Center: GSFC – STD – 1000: Rules for the Design, Development, Verification, and Operation of Flight Systems. Washington, DC, 2005. 9

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. LAPG 5300.1: Space Product Assurance. Washington, DC, 2002

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Marshall Space Flight Center.

NASA TP2001-210992: Launch Vehicle Design Process Characterization, Technical Integration, and Lessons Learned. Alabama, 2001

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Marshall Space Flight Center.

MSFC-HDBK-2221-1: Verification handbook. Alabama, 1994.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. NASA/SP-2007-6105 Rev1.

NASA System Engineering Handbook. Washington, DC, 2007.

PISACANE, V.L. Fundamentals of Space Systems. Oxford University Press, Inc. Oxford, 2005, 2v.

SPACE &amp; MISSILE SYSTEMS CENTER. SMC System Engineering Primer &amp; Handbook 4-05. Los Angeles, 2005.

SILVA, A. C. Desenvolvimento integrado de sistemas espaciais – design para montagem, integração e testes de satélites. ITA. 2011. Tese de doutorado

BURGER, E. E. A conceptual MBSE framework for satellite AIT planning. INPE. 2018. Tese de doutorado.

BURGER, E. E. Proposta de método para AIT de pico e nanossatélites. INPE. 2014. Dissertação de mestrado.

VENTICINQUE, G. Engenharia de sistemas aplicada ao desenvolvimento do equipamento de suporte em terra – GSE. INPE. 2017. Dissertação de mestrado

Docente Responsável:

Gelson Loureiro

**Nome: Planejamento e Gestão da Qualidade**

Nível: Mestrado e Doutorado

Créditos: 4

Carga horária: 60 horas

Obrigatória: Não

Ementa: O atual paradigma da qualidade. Modelos de gestão da qualidade total aplicados na manufatura. A qualidade total e a estratégia da empresa. Integração dos planos e sistemas da qualidade às estratégias de negócio. Gerenciamento por processo. Definição dos processos críticos baseados na missão da empresa. Técnicas de melhoria do processo. Definição e melhoria de fluxos administrativos. A qualidade no projeto. Desenvolvimento do planejamento da qualidade e plano de controle no projeto do produto. Gerenciamento pelas diretrizes. Desdobramento da política da qualidade QFD. Metodologias para a melhoria do processo. Metodologia de solução de problemas. As sete ferramentas básicas da qualidade. Kaizen, 5S. Gerenciamento da rotina diária. As sete ferramentas gerenciais da qualidade. Gestão de pessoas para a qualidade Motivação, comprometimento. O conceito seis sigma: A metodologia DMAIC. Avaliação e desenvolvimento de fornecedores. O conceito Comakership para redes de suprimento. Qualidade em serviços. Definição das dimensões da qualidade em serviços. Análise do ciclo de serviço como ferramenta para a melhoria da qualidade. Benchmarking.

Bibliografia:

SLACK, N. Vantagem Competitiva em Manufatura. Editora Atlas, Rio de Janeiro, 2002

SENGE, P. M. A Quinta Disciplina. Editora Qualitymark, Rio de Janeiro, 1993

SPENDOLINI M. Perspectivas Gerenciais do QFD. Benchmarking Makron Books, 1992

HAMMER, M.; CHAMPY, J. Planejando para a Qualidade Pioneira. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1988

Docente Responsável:

Leônio Fernando Perondi

**Nome: Processo de Desenvolvimento de Software**

Nível: Mestrado e Doutorado

Créditos: 4

Carga horária: 60 horas

Obrigatória: Não

Ementa: Unidade 1- Escopo do desenvolvimento de sistemas de software: sistemas de software, os desafios do desenvolvimento de software, o contexto organizacional do desenvolvimento de software (recursos, tecnologias e pessoas), ciclo de vida do software, qualidade e produtividade no desenvolvimento de software. Unidade 2 - O paradigma de desenvolvimento de software orientado a objetos: evolução histórica da orientação a objetos, vantagens da orientação a objetos, as bases da orientação a objetos, princípios para administrar complexidade, conceitos da orientação a objetos, sistemas de software orientados a objetos. Unidade 3 - Desenvolvimento de sistemas de software orientado a objetos: definição do problema, estudo de viabilidade, modelagem do sistema de software orientado a objeto, princípios de modelagem, conceito de modelos, características de um bom modelo, os níveis de abstração de um sistema de software e seus modelos. Unidade 4 - Linguagem de modelagem unificada (UML): estratégias e padrões para construção de modelos, processo de modelagem através da UML, modelagem descritiva, modelagem conceitual, modelagem ambiental, modelagem comportamental, modelagem operacional, modelagem implementacional, modelagem da implantação, diagrama de atividades, diagrama de casos de uso.

Bibliografia:

BOOCHE, G., RUMAUGH, J., JACOBSON, I. UML Guia do Usuário. Rio de Janeiro, Editora Campus, 2000. 472p

COAD, P., NORTH, D., MAYFIELD, M. Object Models Strategies, Patterns, &amp; Applications. Yourdon Press, Prentice Hall, 1995

PRESSMAN, R. S. Engenharia de Software. São Paulo: McGraw-Hill, 1995. 1056p

CORDEIRO J. C. Gerenciando Projetos de Desenvolvimento de Software com PMI, RUP e UML. Editora BRASPORT. 2004

BOGGS, W., BOGGS, M. UML com Rational Rose 2002. Editora Altabooks. 2002

BEZERRA E. Princípios de Análise e Projeto de Sistemas com UML. Editora CAMPUS 2002

ERIKSSON, H-E; PENKER, M. UML Toolkit. John Wiley, 1997

FAIRLEY, R. E. Software Engineering Concepts, USA : McGraw-Hill, 1985. 364p

FURLAN, J. D. Modelagem de Objetos através da UML. Makron Books, 1998

HUMPREY, W. S. A Discipline for Software Engineering. Addison-Wesley Publishing Company, 1995

MARTIN, J. Principles of object-oriented analysis and design. Prentice Hall, 1993.

Docente Responsável:

Maurício Gonçalves Vieira Ferreira

**Nome: Rádios Definidos por Software e Rádios Cognitivos**

Nível: Mestrado e Doutorado

Créditos: 4

Carga horária: 60 horas

Obrigatória: Não

Ementa: Basic components of software defined radios (SDR). Software defined radio architectures. Radio technology evolution. Transceiver architectures. Antennas and radio front-end. Multirate DSP in SDR. Direct digital synthesis (DDS). Analog to digital and digital to analog conversion. Introduction to smart antennas and baseband DSP algorithms. Antenna arrays, beamforming algorithms and architectures. Digital hardware for SDR. Software methods for SDR and the SCA. The GNU Radio Approach. Overview of the Data Stream Approach: Using a Flowgraph. Examples of GNU. Introduction to Cognitive Radio (CR). Cognitive Radio networking (CRN). CR Network Architectures. SDR Implementation and Experimentation. Spectrum Sensing. Dynamic Spectrum Access. CRN standardization efforts. Course project, workshops and case study.

Bibliografia:

J.H. REED, Software-Defined Radio, Prentice-Hall, 2002.

CARLOS R. AGUAYO GONZÁLEZ, CARL B. DIETRICH, AND JEFFREY H. REED, "Understanding the Software Communications Architecture", IEEE

Communications Magazine, 2009.

TORE ULVÉRSÖY, «Software Defined Radio: Challenges and Opportunities», IEEE Communications Surveys &amp; Tutorials, vol. 12, no. 4, pp. 531-550, Fourth Quarter 2010.

GEORGE SKLIVANITIS, ADAM GANNON, STELLA N. BATALAMA, AND DIMITRIS A. PADOS «Addressing Next-Generation Wireless Challenges with Commercial Software-Defined Radio Platforms», IEEE Communications Magazine, 2016.

BOB STEWART, KENNETH BARLEE, DALE ATKINSON, LOUISE CROCKETT, «Software Defined Radio using Matlab and Simulink and the RTL-SDR», University of Strathclyde Engineering, 2015.

G. J. MINDEN, et al., "Cognitive Radios of Dynamic Spectrum Access - An Agile Radio for Wireless Innovation," IEEE Communications Mag, Vol. 45, No. 5, pp. 113-121, May 2007.

ERIK AXELL, GÖRGI LEUS, ERIK G. LÄHSSON, ANNI H. VINCENTI PUORI, "A Spectrum sensing for Cognitive Radio: State-of-the-art and recent advances," IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 29, No. 3, May 2012.

CCSDS, General Document, <http://public.ccsds.org/publications/default.aspx>.

WERTZ, J. R., LARSON, W. J. (editors) Space Mission Analysis and Design, 3rd ed. Microcosm Press, New York, 1999 (ISBN.: 1881883108).

TANENBAUM, A. Computer Networks. Prentice-Hall, 4 ed., 2003.

Docente Responsável:

Walter Abrahão dos Santos

**Nome: Sistemas e Conceitos em Operação de Satélites**

Nível: Mestrado e Doutorado

Créditos: 4

Carga horária: 60 horas

Obrigatória: Não

## Ementa:

Conceito dos elementos de solo que apoiam a operação de satélites em órbita: centro de controle, estações terrenas, centros de missões, rede de comunicação de dados e protocolos padrões. Processos da Engenharia do Segmento Solo de missões espaciais e da Engenharia de Operação. Arquitetura de referência para sistemas de dados espaciais. Sistemas Intensivos em Software: determinação de órbita e altitude, manobras do satélite, previsão de passagens, planejamento de operações, análise de telemetrias e transmissão de telecomandos, procedimentos operacionais, controle e monitoração de estações terrenas, simuladores operacionais. Conceitos relacionados a estações terrenas: transmissão e recepção de dados de um satélite em rádio frequência, métodos de rastreio: medidas de distância (ranging), medidas de velocidade (range-rate), tempo e frequência, tipos de estações: TT&C e recepção de imagens, configurações para atender serviços de transmissão e recepção de diferentes cargas úteis. Atividades do Segmento Solo associadas ao Conceito de Operação (ConOps) da missão especificado, com foco na operação das cargas úteis a bordo da missão espacial (Payload Control Center/Mission Exploration Center) e recepção dos dados: controle de cargas úteis, armazenamento e disseminação dos dados fim da missão, aplicações para os usuários.

## Bibliografia:

- WERTZ, J. R.; LARSON, W. J. (editors) Space Mission Analysis and Design. 3rd ed. Microcosm Press, New York, 1999 (ISBN.: 1881883108).
- ECSS-E-ST-70C. ECSS Space Engineering Ground systems and operations. Telemetry and telecommand packet utilization. July, 2008.
- CCSDS-311.0-M-1. Reference Architecture for Space Data Systems. Recommended Practice. September 2008.
- WERTZ, J. R., EVERETT, D.F., PUSCHELL, J.P. Space Mission Engineering: The New SMAD. Microcosm Press, Inc. 1st. Edition, 2011.
- SMITH, R.R., SCHIMMEL, K.A., LOCK, P.D., VALERIO, C.P. (2014) "A Model-Based Approach to Developing Your Mission Operation System". In: Proceedings International Conference on Space Operations, Pasadena, CA. Proceeding...URL: <http://arc.aiaa.org/doi/pdf/10.2514/6.2014-1793> Acesso em: 10 de dez. de 2019.

Docente Responsável: Maria de Fátima Mattiello Francisco

**Nome: Técnicas e Dispositivos de Modulação e Detecção Óptica**

Nível: Mestrado e Doutorado

Créditos: 4

Carga horária: 60 horas

Obrigatória: Não

Ementa: Princípios de fontes laser; Modulação direta de intensidade óptica; Modulação externa de fase óptica; Moduladores interferométricos e por absorção; Modulação externa digital e analógica; Análise de sinais ópticos modulados em fase e intensidade; Detecção direta; Detecção balanceada; Detecção Coerente; Análise de sinais fotodetectados.

## Bibliografia:

- WILLIAN S. CHANG, RF, photonics technology in optical fiber links, Ed. Cambridge, 2002.
- CHARLES H. COX, Analog Optical Links: theory and practice, Ed. Cambridge, 2004.
- VINCENT J. URICK, JANSON D. MCKINNEY, KEITH J. WILLIAMS, Fundamentals of microwave photonics, Ed. Wiley, 2015.
- LE NGUYEN BINH, Digital optical communications. CRC press, 2008.

Docente Responsável: Jognes Panasiewicz Jr.

**Nome: Tópicos Especiais em Engenharia de Sistemas, Qualidade e Gestão de Projetos aplicados a Sistemas Espaciais**

Nível: Mestrado e Doutorado

Créditos: 4

Carga horária: 60 horas

Obrigatória: Não

## Ementa:

Tópicos avançados com conteúdo de interesse em Engenharia de Sistemas, Gestão da Qualidade e Gestão de Projetos aplicados a Sistemas Espaciais.

## Bibliografia:

- Capítulos de livros, artigos de revistas especializadas, relatórios científicos e técnicos relacionados aos temas tratados.

Docente Responsável: Leonel Fernando Perondi

**Nome: Processos, métodos e ferramentas de Verificação e Validação de Sistemas Espaciais**

Nível: Mestrado e Doutorado

Créditos: 4

Carga horária: 60 horas

Obrigatória: Não

## Ementa:

Conceito de Verificação e Validação na Engenharia de Sistemas espaciais. Atividades de V&V realizadas no ciclo de vida de uma missão espacial. Processos de V&V preconizados nas normas da NASA e ECSS para as fases de concepção de missão, projeto, desenvolvimento, operação e manutenção. Uso de modelos, métodos e técnicas de V&V. Ferramentas e Artefatos de projeto entregáveis nas Revisões e Testes do sistema alvo de desenvolvimento. Aplicação de abordagens de teste baseado em modelos, MBT (Model-based Testing), como apoio aos processos de V&V. Aplicação dos conceitos de V&V em um estudo de caso de satélite educacional Cubesat.

## Bibliografia:

- DWM v25.1 e-handout - <https://fliphtml5.com/gzfg/pgpz> Published by Jsellars, 2020-01-26 21:07:58
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2013) "NASA Procedural Requirements - NPR 7123.1B. Systems Engineering Processes and Requirements". Washington, DC.
- Survey of Verification and Validation Techniques for Small Satellite Software Development - Stephen A. Jacklin NASA Ames Research Center Presented at the 2015 Space Tech Expo Conference May 19-21, Long Beach, CA
- E. C. for Space Standardization, "SECSS-E-ST-10C: Space eng. - System eng. general requirements," ECSS, Active Standards, 2017. - NASA, NASA System Engineering Handbook Revision 2. NASA Headquarters, 2016
- C. Venturini, B. Braun, D. Hinkley, and G. Berg, "Improving mission success of cubesats," 2018.
- J. Eickhoff, R. Hendricks, and J. Flemming, "Model based development and verification environment," in 54th Int. Astronautical Cong. of the Int. Astronautical Fed. (IAF), vol. 3. AIAA, dec 2003, pp. 1275-1285.

Docente Responsável: Maria de Fátima Mattiello Francisco