

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

Coordenador Acadêmico

Dirceu Luis Herdies

Membros do Conselho de Curso

Luis Gustavo Gonçalves de Gonçalves
José Antonio Marengo Orsini
Clóvis Angeli Sansigolo
Leonardo Ribeiro Paraíso – Representante Discente

Corpo Docente

Carlos Afonso Nobre, Ph.D., MIT, 1982
Carlos Frederico de Angelis, Ph.D., Univ. of Birmingham, 2003
Chou Sin Chan, Ph.D., Univ. of Reading, 1993
Clóvis Angeli Sansigolo, Doutor, USP, 1986
Daniel Alejandro Vila, Doutor, Universidad de Buenos Aires, 2005
Dirceu Luis Herdies, Doutor, IAG-USP, 2002
Ênio Bueno Pereira, Ph.D., W.M.Rice University, 1980
Gilberto Fernando Fisch, Doutor, INPE, 1995
Iracema Fonseca de Albuquerque Cavalcanti, Ph.D., Univ. of Reading, 1991
José Antonio Aravéquia, Doutor, IAG-USP, 2003
José Antônio Marengo Orsini, Ph.D., Univ. of Wisconsin, 1991
José Paulo Bonatti, Doutor, INPE, 1988.
Juan Carlos Ceballos, Doutor, IAG/USP, 1986
Julio Pablo Reyes Fernandez, Doutor INPE, 2004
Karla Maria Longo de Freitas, Doutora, IF-USP, 1999
Luciano Ponzi Pezzi, Ph.D., Univ. of Southampton, 2003
Luis Gustavo Gonçalves de Gonçalves, Ph.D., University of Arizona, 2005
Luiz Augusto Toledo Machado, Doutor, Universite de Paris VI, 1992
Luiz Fernando Sapucci, Doutor, UNESP, 2005
Manoel Alonso Gan, Doutor, INPE, 1992
Marcelo Seluchi, Doutor, Universidad de Buenos Aires, 1993
Marcos Daisuke Oyama, Doutor, INPE, 2002
Maria Paulete Pereira Martins, Doutora, INPE, 1996
Nelson Jesuz Ferreira, Ph.D., Univ. of Wisconsin, 1987
Paulo Nobre, Ph.D., Univ. of Maryland, 1993
Regina Célia dos Santos Alvalá, Doutora, INPE, 1993
Saulo Ribeiro de Freitas, Doutor, IF-USP, 1999
Simone Marilene Sievert da Costa, Ph. D., University of Reading, 2006
Vadlamudi Brahmananda Rao, Ph.D., Andhra Univ., 1969
Valdir Innocentini, Ph.D., Univ. of Reading, 1986

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
METEOROLOGIA**

**PROGRAMAÇÃO ANUAL DAS DISCIPLINAS OBRIGATÓRIAS
PARA O MESTRADO E DOUTORADO**

1º Período Letivo

MET-222-2	Termodinâmica da Atmosfera e Física de Nuvens	Dr. Marcos Daisuke Oyama
MET-223-3	Radiação Atmosférica	Dr. Juan Carlos Ceballos Dra. Simone Marilene Sievert da Costa
MET-225-3	Meteorologia Dinâmica 1	Dr. José Antonio Aravéquia
MET-661-0	Seminários	Coordenador Acadêmico

2º Período Letivo

MET-341-3	Meteorologia Dinâmica 2	Dr. José Paulo Bonatti
MET-347-4	Meteorologia Sinótica	Dr. Marcelo Selucci

3º Período Letivo

MET-348-3	Previsão Numérica de Tempo e Clima	Dr. Júlío Pablo Reyes Fernandez
------------------	------------------------------------	---------------------------------

NOTA: Todos alunos deverão participar por período letivo, no mínimo de 3 Seminários/ Palestras/ Cursos Extracurriculares promovidas pela Instituição (INPE) para conclusão no curso.

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
METEOROLOGIA**

**DISCIPLINAS OPTATIVAS
PARA O MESTRADO E DOUTORADO**

MET-551-3	Meteorologia Tropical	Dr. José Antonio Marengo Orsini
MET-552-3	Modelagem Numérica de Processos Químicos na Atmosfera	Dr. Saulo Ribeiro de Freitas
MET-553-3	Modelagem Climática	Dr. Sérgio Henrique Franchito
MET-554-3	Dinâmica da Mesoescala	Dra. Chou Sin Chan
MET-555-2	Mecânica dos Fluidos 1	Dr. Ralf Gielow
MET-556-3	Mecânica dos Fluidos 2	Dr. Ralf Gielow
MET-557-3	Climatologia Dinâmica	Dra. Iracema Fonseca de Albuquerque Cavalcanti
MET-558-2	Instrumentação Meteorológica	Dr. José Celso Thomaz Junior
MET-559-4	Interação Superfície-Atmosfera	Dr. Luciano Pezzi Dra. Regina Célia dos Santos Alvalá
MET-560-3	Métodos Matemáticos em Meteorologia	Dr. Luiz Fernando Sapucci
MET-561-2	Meteorologia por Radar	Dr. Carlos Frederico de Angelis
MET-562-3	Estatística Aplicada à Meteorologia	Dr. Clovis Angeli Sansigolo
MET-563-3	Introdução à Assimilação de Dados	Dr. Luis Gustavo Gonçalves de Gonçalves
MET-564-3	Sensoriamento Remoto da Atmosfera	Dr. Daniel Alejandro Vila
MET-565-3	Micrometeorologia e CLP	Dr. Gilberto Fisch
MET-566-2	Previsão Imediata de Tempo	Dr. Luiz Augusto Toledo Machado
MET-567-3	Modelagem Acoplada Superfície-Atmosfera	Dr. Paulo Nobre
MET-568-3	Ondas e Processos Costeiros	Dr. Valdir Inocentini
MET-570-3	Sinótica Avançada	Dr. Manoel Alonso Gan
MET-571-3	Transferência Radiativa Aplicada à Assimilação de Dados	Dr. Dirceu Luis Herdies Dra. Simone Marilene Sievert da Costa

NOTA: As disciplinas optativas serão oferecidas nos períodos, de acordo com a necessidade dos alunos e com a disponibilidade dos docentes.

METEOROLOGIA

EMENTAS DAS DISCIPLINAS OBRIGATÓRIAS

MET-222-2	Termodinâmica da Atmosfera e Física de Nuvens
------------------	--

Termodinâmica da Atmosfera: Equação do Estado; Equação Hidrostática; Primeira Lei da Termodinâmica aplicada a uma parcela de ar; estabilidade estática do ar seco; variáveis de umidade; Equação de Clausius-Clapeyron; termodinâmica do ar úmido; instabilidade condicional, latente e potencial; diagrama de fases da água; plotagem de perfis no Diagrama Skew T-Log-P. Física de Nuvens: Classificação de nuvens; nucleação, crescimento por condensação e por coleta em nuvens quentes; nucleação, crescimento por deposição e por coleta (*riming* e agregação) em nuvens frias; aspectos microfísicos de nuvens Cb e Ns.

Bibliografia

Bohren, C. F.; Albrecht, B. A. **Atmospheric Thermodynamics**. Oxford University Press, 1998, 402 p.
Houze, R. A. **Cloud Dynamics**. Academic Press, 1993, 573p.
Rogers, R. R.; Yau, M. K. **A Short Course in Cloud Physics**. Butterworth-Heinemann, 3ª ed., 1989, 308p.
Wallace, J. M.; Hobbs, P. V. **Atmospheric Science: an Introductory Survey**. Academic Press, 2ª ed., 2006, 504p.

MET-223-3	Radiação Atmosférica
------------------	-----------------------------

Espectro eletromagnético; grandezas radiométricas; espectro solar e de corpo negro; instrumentos de medição meteorológica. Emissão de corpos ideais e reais: corpo negro, leis de emissão, espectros de emissão/absorção. Propriedades radiativas de superfícies naturais: reflexão, refração, transmissão, absorção/emissão. Propagação de radiação solar na atmosfera: lei de Beer, espalhamento e absorção de radiação por gases e partículas; dispersão Rayleigh e Mie. Visibilidade atmosférica. Radiação térmica na atmosfera: bandas de absorção dos gases principais no infravermelho próximo e termal; propriedades e parametrização de emissão e transmissão. Propriedades radiativas de nuvens. Componentes do balanço de radiação na atmosfera; parametrizações. A equação geral de Transferência Radiativa (ETR); conceitos básicos sobre as principais parametrizações.

Bibliografia

Johnson, J. C. **Physical Meteorology**. New York, Massachusetts Institute of Technology, 1954.
Liou, K. N. **An Introduction to Atmospheric Radiation**. Academic Press, 2ª ed, 2002.
Petty, G. W. **A first course in atmospheric radiation**. Sundog Pub, 2006.
Wallace, J. M.; Hobbs, P. V. **Atmospheric Science: An introductory Survey**. Academic Press, 2ª ed, 2006.

MET-225-3	Meteorologia Dinâmica 1
------------------	--------------------------------

Equações básicas: Equação do movimento em um sistema de coordenadas esféricas girantes, Equação da continuidade e Equação da termodinâmica. Análise de escala na equação horizontal do movimento: aproximação consistente (com respeito à conservação de momentum angular) da água rasa, aproximações do plano beta para latitudes médias e equatoriais, aproximação do plano f. Análise de escala da componente vertical da equação do movimento: aproximação hidrostática. Equação hipsométrica e casos especiais de atmosferas. Coordenadas naturais: escoamentos especiais em coordenadas naturais. Vento geostrófico e vento gradiente. Número de Rossby. Vento térmico e advecção de temperatura. Coordenadas verticais e transformação de coordenadas. Circulação, vorticidades relativa e absoluta. Camada de Ekman: Teoria do comprimento de mistura, camada limite superficial, perfil logarítmico do vento, camada de Ekman e “spin-down”. Equação da Divergência e Equação do Balanço. Equação da Vorticidade e sua análise de escala para movimentos de escala sinótica. Análise de escala quase-geostrófica: Equação da Tendência do Geopotencial e a Equação Omega. Vetor Q de Hoskins.

Bibliografia

Holton, J.R. **An introduction to Dynamic Meteorology**. New York, Academic Press, Inc., 4^a ed., 2004, 511 p.

Lemes, M. A. M.; Moura, A. D. **Fundamentos de Dinâmica Aplicados à Meteorologia e Oceanografia**. Ribeirão Preto, SP, 2a ed., Holos Editora Ltda- ME, 2002.

Notas de Aula: Preparadas pelo Professore do Curso.

MET-341-3	Meteorologia Dinâmica 2
------------------	--------------------------------

Pré-requisito: Meteorologia Dinâmica 1 (MET-225-3)

Movimentos Ondulatórios na Atmosfera Terrestre: Força, Quantidade de Movimento, Impulso, Trabalho e Energia; Movimento Harmônico Simples, Composto, Forçado, Amortecido e Ressonância; Análise de Fourier do Movimento Periódico e Efeito Gibbs; Oscilador Acoplado e Batimentos; Oscilações Anarmônicas; Ondas no Tempo e no Espaço e Propriedades das Ondas Planas, Velocidade de Fase e de Grupo, Dispersão; Classificação das Ondas em Fluidos Geofísicos.

Oscilações Atmosféricas Lineares: Método da Perturbação e Linearização das Equações Básicas em Coordenadas Verticais z; Solução Geral das Equações Linearizadas com uso de Parâmetros Traçadores para Filtragem de Ondas; Análise da Relação de Dispersão para o Caso Sem Variação em y; Ondas Acústicas e de Gravidade Inercial, suas Propriedades, Casos Assintóticos, Freqüência de Brunt Väisälä e Diagrama de Dispersão; Filtragem da Solução Geral através do Uso Consiste dos Parâmetros Traçadores; Aproximação Anelástica: Eliminação de Ondas Acústicas; Aproximação Hidrostática, seu Efeito na Solução e seu Domínio de Validade; Onda de Lamb; Filtragem de Ondas de Gravidade; Ondas de Rossby (Ondas Planetárias) e suas Propriedades com a Introdução da Variação com y; Ondas de Gravidade de Superfície, suas Propriedades, Casos Assintóticos e Ondas de Água Rasa; Ondas Equatoriais como Solução

das Equações da Água Rasa Linearizadas no Plano- β Equatorial: Ondas de Rossby, Ondas de Gravidade Inercial para Leste e para Oeste, Onda Mista Rossby-Gravidade e Onda de Kelvin; Diagrama de Dispersão Incluindo Todas as Ondas Estudadas e Região de Validade da Aproximação Hidrostática; Ajustamento Geostrófico de Rossby e sua Energética; Ondas de Rossby Topográficas.

Instabilidade Baroclínica: Introdução à Instabilidade Hidrodinâmica; Equações do Sistema Quase-geostrófico Diabático: Vorticidade, Termodinâmica, Omega e Vorticidade Potencial, suas Propriedades e Linearização; Onda de Rossby Neutra Tri-dimensional e Estacionária; Instabilidade Baroclínica no Sistema Quase-geostrófico, seguindo Procedimentos de Charney e Stern; Teorema de Rayleigh: Condição Necessária para Instabilidade Baroclínica e/ou Barotrópica; Instabilidade Baroclínica em uma Atmosfera Continuamente Estratificada; Sistema de Coordenadas Logaritmo da Pressão e sua aplicação nas Equações da Termodinâmica e Vorticidade Potencial Quase-geostróficas; Problema de Estabilidade de Eady; Instabilidade Baroclínica em um Modelo Quase-geostrófico Multi-nível e Parametrização de Mak para Liberação de Calor Latente; Instabilidade Baroclínica no Modelo Quase-geostrófico de Duas Camadas incluindo o Efeito da Liberação de Calor Latente; Taxa de Crescimento e Velocidade de Fase: Casos Sem Cisalhamento e Sem Variação da Rotação Planetária e Caso Geral; Efeito da Liberação de Calor Latente em Perturbações Baroclinicamente Instáveis e Estudo de Caso para Vírulas Invertidas no Sul do Brasil e Anéis Oceânicos; Energia Potencial Total e Energia Interna Total em uma Atmosfera Hidrostática; Equações de Energia para o Modelo Quase-geostrófico; Ciclo de Energia das Ondas Baroclinicamente Instáveis e Processos Físicos Associados às Conversões de Energia.

Modos Normais na Atmosfera: Modos Normais de Modelo Global em Coordenadas Sigma e Geometria Esférica: Equações Primitivas (Movimento, Termodinâmica, Continuidade, Hidrostática); Equações Linearizadas da Vorticidade, da Divergência, da Termodinâmica e da Continuidade e Equação para a Altura Geopotencial Generalizada; Solução das Equações Linearizadas pelo Método Espectral (Harmônicos Esféricos): Uso de Transformadas de Fourier e de Legendre; O Problema da Separação das Estruturas Horizontais e Verticais: Solução da Estrutura Vertical e Obtenção Analítica dos Modos Verticais Externo e Internos; Solução da Estrutura Horizontal em Coordenadas Esféricas: Obtenção das Funções Vetoriais de Hough (Modos Geostróficos, Modos de Rossby, Modo Misto Rossby-Gravidade, Modo de Kelvin, Modos de Gravidade Inerciais); Solução da Estrutura Horizontal: o Problema do Reforço entre Modos Horizontais na Propagação de Energia; Inicialização em Modelo Globais.

Bibliografia

- Gill, A.E. **Atmosphere-Ocean Dynamics**. New York: Academic Press, 1982.
- Holton, J.R. **An Introduction to Dynamic Meteorology**. 3. Ed. New York: Academic Press, 1992.
- Holton, J.R. **The Dynamic Meteorology of the Stratosphere and Mesosphere**. Boston, MA: American Meteorological Society, 1975.
- Lemes, M.A.M.; Moura, A.D. **Fundamentos de Dinâmica Aplicados à Meteorologia e Oceanografia**. Ribeirão Preto, SP: Holos, Editora Ltda-ME, 2002, 2ª edição.
- Morel, P. **Dynamic Meteorology**. Dordrecht, Holland: D. Reidel Publications Company, 1973.

Pedlosky, J. **Geophysical Fluid Dynamics**. 2. Ed. New York: Springer, 1986.

Artigos

Bonatti, J.P.; Rao, V.B. Moist Baroclinic Instability in the Development of North Pacific and South American Intermediate-Scale Disturbances. **Journal of the Atmospheric Sciences**, **44**(18): 2657-2667, 1987.

Kashara, A.; Puri, K. Spectral Representation of Three-Dimensional Global Data by Expansion in Normal Modes Functions. **Monthly Weather Review**, **109**: 37- 51, 1981.

Teses / Dissertações do INPE

Andrade, C.R. **Análise das Trocas de Energia entre Modos Verticais e Horizontais, em Resposta à Fontes Tropicais de Calor de Grande Escala**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia (13/10/1994). São José dos Campos, SP, INPE, 1994. (INPE-5681-TDI/567)

Bonatti, J.P. **Evolução Para Amplitude Finita das Ondas Baroclínicas na Atmosfera e no Oceano**. Tese de Doutorado em Meteorologia (19/08/1998). São José dos Campos, SP, INPE, 1988. (INPE-4752-TDL/346)

Notas de Aula: Preparadas pelo Professor do Curso.

MET-347-4	Meteorologia Sinótica
------------------	------------------------------

Análise de mapas meteorológicos usando coordenadas naturais; Representação do tempo em mapas meteorológicos: análise de campos escalares e vetoriais; Massas de ar e frentes; Índices de instabilidade; Noções básicas sobre foto-interpretção de imagens de satélite; Dinâmica das correntes de jato em altos níveis; Escoamento e ondas de ar superior; Sistemas de tempo atuantes na América do Sul; Jato em Baixos Níveis; Bloqueios; Noções básicas sobre os modelos de Previsão Numérica de Tempo (PNT) e seus produtos; Modelos operacionais do CPTEC/INPE; Elaboração de previsão de tempo e discussão do tempo; Utilização das reanálises.

Bibliografia

Ahrens, C.D. **Essentials of Meteorology** – An invitation to the Atmosphere. 3a. ed, 2007, 443 p.

Bader, M.J. et al. **Images in Weather forecasting – A practical guide for interpreting satellite and radar imagery**. New York, Cambridge University Press, 1995, 499 p.

Bluestein, H.B. **Synoptic-dynamic meteorology in Mid-latitudes. Vol I: Principles of kinematics and dynamics**. New York, Oxford University Press, 1992, 431 p.

Bluestein, H.B. **Synoptic-dynamic meteorology in Mid-latitudes. Vol II: Observations and theory of weather systems**. New York, Oxford University Press, 1992, 594 p.

Carlson, T.N. **Mid-latitude weather systems**. London, Harper Collins Academic, 1991, 507 p.

Conway, E.D.; The Maryland Space Grant Consortium. **An Introduction to Satellite Image Interpretation**. Baltimore, The Johns Hopkins University press, 1997, 242 p.

Djuric, D. **Weather analysis**. New Jersey, Prentice Hall, Inc., 1994, 303 p.

Gan M.A., 1992: **Ciclogênese e ciclones sobre a América do Sul**. Tese de Doutorado em Meteorologia, INPE (INPE/5400-TDI/479).

Holton, J.R. **An introduction to dynamic meteorology**. New York, Academic Press, Inc., 4^a ed., 2004, 511 p.

Satyamurti, P.; Nobre, C. A.; Silva Dias, P.L. South America. In: Karoly, D.J.; Vincent, D.G. *Meteorology of the Southern Hemisphere. Meteorological Monographs*, 27(49), Cap. 3C, Dec. 1998.

Stull, R. B. **Meteorology for Scientists and Engineers**. Austrália, Brooks/Cole Ed., 2a. ed., 2000, 502 p.

Vasquez, T. **Weather Forecasting Handbook**. Weather Graphics Technologies. 5a ed., 2002, 198 p.

Vasquez, T. **Weather Map Handbook – A guide to the internet, modern forecasting, and weather technology**. Austin, Weather Graphics Technologies. 2a. ed., 2003, 167 p.

Material disponibilizado nas *websites*:

CPTEC/INPE: www.cptec.inpe.br

Program

COMET:

<http://www.meted.ucar.edu/nwp/pcu1/ensemble/print.htm>

ECMWF: www.ecmwf.int

MetOffice:

<http://www.metoffice.gov.uk/research/nwp/ensemble/concept.html>

NCEP: <http://www.hpc.ncep.noaa.gov/ensembletraining/>

MET-348-3	Previsão Numérica de Tempo e Clima
------------------	---

Introdução; Equações governantes; Solução numérica das equações: conceitos básicos, métodos: diferenças finitas, espectral, elementos finitos, volumes finitos; Parametrizações dos processos físicos: convecção e microfísica, turbulência, radiação, nebulosidade; Modelagem dos processos na superfície e sub-superfície: continente, oceano, lagos, urbana, orográfica, gelo. Inicialização: física, dinâmica; Previsibilidade; Métodos de previsão por conjuntos; Modelagem climática e regionalização; Modelos acoplados oceano-atmosfera: desenho, uso e aplicações; Métricas de avaliação: tempo e clima; Modelos operacionais.

Bibliografia

Kalnay, E. 2003: Atmospheric modeling: data assimilation and predictability. Cambridge, UK. Cambridge University Press.

Warner, T. T. 2011: Numerical Weather and Climate Prediction, 512pp.

Washington, W.M.; Parkinson, Cl. L. 1986: An introduction to three-dimensional climate modeling. Oxford University Press. 422pp.

Trenberth, K. 1995: Climate system modeling. Cambridge University Press.

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

EMENTAS DAS DISCIPLINAS OPTATIVAS

MET-551-3	Meteorologia Tropical
------------------	------------------------------

- 1) Histórico e evolução da Meteorologia Tropical (estudos observacionais e de modelagem climática) no mundo e no Brasil.
- 2) Aspectos observacionais das Circulações de Hadley e de Walker e da circulação geral dos trópicos: histórico e evolução de estudos.
- 3) Revisão e evolução dos conceitos de Ondas Tropicais: origem (instabilidade barotrópica, instabilidade condicional do segundo tipo – CISK e interação trópicos/extratropicos), energética, interação entre o escoamento zonal e as ondas tropicais.
- 4) Variabilidade de baixa frequência e teleconexões: MJO, ENOS, PDO, AAO, NAO, QBO. Discussões e análises de estudos recentes. Potencial de previsão de clima nestas escalas de tempo.
- 5) Interações trópicos-extratropicos.
- 6) Monção: Asia, Austrália, Africa, Américas.
- 7) Distúrbios na circulação tropical: tempestades, ciclones tropicais e furacões. Observações e simulações na região tropical.
- 8) Extremos climáticos: Definições, discussões sobre definições baseados em valores limites e percentiles, observações e simulações na região tropical com ênfase em extremos de chuva, tempestades e furacões.
- 9) Previsão climática: evolução da previsão climática, métodos de previsão usado nos diferentes Centros climáticos mundiais, previsão de extremos climáticos. Desafios da previsão sazonal nos trópicos: início e fim da estação chuvosa.
- 10) Paleoclimatologia tropical: Reconstruções climáticas baseadas em indicadores climáticos e simulações usando modelos. Paleoclimas tropicais no Brasil e no mundo (ênfase nos paleoclimas das monções).
- 11) Mudanças climáticas na região tropical. Impactos das mudanças climáticas e análises de vulnerabilidade no Brasil e no mundo. Clima na região tropical.

Bibliografia

- Bolin, B.; Doos, B.; Jager; Warrick, R. A. **SCOPE 29: The Greenhouse Effect, Climate Change and Ecosystems**. Chichester, John Wiley & Sons, 1986, 541 p.
- Bretherton, F. P. Ocean Modeling. **Progress in Oceanography**, II:93-129, 1982.
- Charney, J. G. On the Scale of Atmospheric motions. **Geophysical Publications**, 17(2):1-17, 1948.
- Charney, J. G. Planetary Fluid Dynamics. In: Morell P. D. (ed.) **Dynamic Meteorology**. Hingham, Reidel, 1973.
- Diaz, H.; Markgraf, V. **El Nino and the Southern Oscillation**. Cambridge University Press, 2000.
- Gill, A. E. **Atmosphere-Ocean Dynamics**. New York, Academic Press, 1982.
- Goldemberg, J. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. São Paulo, EDUSP, 1998.

- Hastenrath, S. **Climate Dynamics of the Tropics**. Kluwer Academic Publishers, 1991.
- Henderson-Sellers, A.; McGuffie, K. **A climate modelling primer**. New York, John Wiley & Sons, 1987.
- Holton, J. R. **An Introduction to Dynamic Meteorology**. 4^a ed., Burlington, Elsevier, Academic Press, 2004.
- Karoly, D. J.; Vincent, D. G. **Meteorology of the Southern Hemisphere**. Boston, MA, American Meteorological Society, 1999. (Meteorological Monographs).
- Hoskins, B.; Pearce, R. (eds.) **Large-scale dynamical processes in the atmosphere**. London, Academic Press, 1983.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) **Climate Change 2007: The Physical Science Basis Summary for Policymakers Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. 2007a, 18 p.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) **Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability Summary for Policymakers**. 2007 b, 23 p.
- Lorenz, E. N. **The nature and theory of the general circulation of the atmosphere**. Genève, WMO, 1967. (WMO n. 218, PT 115).
- Markgraf, V. **Interhemispheric climate links**. Academic Press, 2001.
- Palmen, E.; Newton, L. W. **Atmospheric Circulation Systems**. New York, Academic Press, 1969.
- Peixoto, J. P.; Oort, A. H. **Physics of Climate**. American Institute of Physics, 1992.
- Philander, G. **El Nino, La Nina and the Southern Oscillation**. Academic Press, 1990.
- Preisendorfer, R. W. **Principal Components Analysis in Meteorology and Oceanography**. Elsevier, 1988.
- Pulwarty, R. Diaz, H. **Hurricanes**. Berlin, Springer, 1997.
- Storch H.; Zwiers, F. W. **Statistical Analysis in Climate Research**. Cambridge, University Press, 2000.
- Peixoto, J. P.; Oort, A. R. **Physics of Climate**. New York, American Institute of Physics, 1992.
- Riehl, H. **Climate and Weather in the Tropics**. New York, Academic Press, 1979.
- Schneider, S. H.; Dickinson, R. E. Climate Modeling. **Review Geophysics Space Physics**, 12:447-493, 1974.
- Trenberth, K. E. **Climate System Modeling**. Cambridge, University Press, 1995.
- Wallace, J. M. General Circulation of the Tropical Lower Stratosphere. **Review of Geophysics and Space Physics**, 11(2):191-222, 1973.

MET-552-3	Modelagem Numérica de Processos Químicos na Atmosfera
------------------	--

Pré-requisitos: Termodinâmica da Atmosfera e Física de Nuvens (MET-222-2) e Radiação Atmosférica (MET-223-3).

Poluentes Atmosféricos: caracterização e fontes (gases e partículas de aerossol). Efeitos da poluição atmosférica na saúde humana e nas propriedades atmosféricas. Padrões de qualidade do ar. Absorção e espalhamento de radiação por gases e partículas de aerossol. Química atmosférica de gases: reações fotoquímicas, química da troposfera, química

da estratosfera. Equação da Continuidade de gases e partículas: abordagens Euleriana e Lagrangiana; descrição dos termos de transporte, fontes, sumidouros, reações químicas e processos de microfísica de partículas; decomposição de Reynolds e discretização para solução numérica; Separação de escalas, termos de transporte na escala da grade e sub-grade; Processos de emissão, deposição seca e úmida e sedimentação; reatividade química. Solução numérica da equação da continuidade: Métodos de solução da equação da advecção; Métodos de solução dos termos de transporte sub-grade; Modelagem da emissão, deposição seca e úmida e sedimentação; Modelagem de reatividade química; Acoplamento com modelos atmosféricos. Modelo de transporte 2D (x-z) e aplicação ao ciclo do carbono: Introdução ao ciclo do carbono; Acoplamento de fontes e sumidouros, simulações numéricas do transporte e do efeito retificador.

Bibliografia

Brasseur, G. P.; Prinn, R. G.; Pszenny, A. A. P. (Eds.) **Atmospheric Chemistry in a Changing World**. Heidelberg, Germany, Springer Verlag, 2003.

Jacobson, M. **Fundamentals of Atmospheric Modeling**. Cambridge, Cambridge University Press, 1999, 656 p.

Jacobson, M. **Atmospheric Pollution: History, Science and Regulation**. Cambridge, Cambridge University Press, 2002.

Pielke, R. A. **Mesoscale Meteorological Modeling**. New York, Academic Press, 1974, 612 p.

Seinfeld, J. H. **Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution**. New York, John Wiley & Sons, 1986, 738 p.

Seinfeld, J. H.; Pandis, S. N. **Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change**. USA, A Wiley-Interscience Publication, 1998, 1326 p.

Stull, R. B. **An Introduction to Boundary Layer Meteorology**. Kluwer Acad. Publ. Dordrecht, 1988, 666 p.

MET-553-3	Modelagem Climática
------------------	----------------------------

O Clima e o Sistema Climático Noções sobre o clima; componentes do sistema climático; definições de clima e mudança climática; processos físicos do clima e mudança climática; influências externas e história do clima; processos de realimentação no clima; perturbação no sistema climático causas internas e externas de mudanças climáticas. Modelagem Climática Introdução: modelagem climática; base física da modelagem climática; classificação dos modelos climáticos: modelos mecanísticos e de simulações; hierarquia de modelos climáticos; tipos de modelos climáticos: modelos de zero, uma, duas e três dimensões; dados diagnósticos e validação de modelos. Modelos de Balanço de Energia: Estrutura dos modelos de balanço de energia; parametrização do sistema climático para os modelos de balanço de energia; exemplos de modelos de balanço de energia e sua utilização em estudos climáticos. Modelos Radiativo-Convectivos: Estrutura dos modelos radiativo-convectivos; tratamento dos processos radiativos: radiação de ondas curta e longa e balanço de calor na superfície; ajustamento convectivo; exemplos e experimentos de sensibilidade com modelos radiativo-convectivos. Modelos Estatístico-Dinâmicos: Estrutura dos modelos estatístico-dinâmicos; parametrizações dos transportes de calor e momentum e vorticidade potencial; modelos estatístico-dinâmicos

quase-geostrófico e de equações primitivas; parametrizações do aquecimento diabático: radiação, convecção, evaporação e liberação de calor latente; caracterização da superfície; exemplos e estudos de sensibilidade com modelos estatístico-dinâmicos. Modelos de Circulação Geral da Atmosfera: Desenvolvimento da modelagem da circulação geral da atmosfera; processos de importância primária; estrutura dos modelos de circulação geral da atmosfera; formulações numéricas: equações primitivas, discretização vertical e horizontal; esquemas de tempo eficientes; requisitos computacionais; parametrizações: radiação, camada limite, convecção, precipitação de grande escala; processos de superfície; previsibilidade climática; Exemplos de uso de modelos de circulação geral da atmosfera. Exemplos do uso de modelos em estudos de mudanças climáticas: simulação dos efeitos climáticos causados pelo desmatamento de florestas tropicais; simulação de desertificação; simulação dos efeitos climáticos devido ao aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera; Simulação do impacto de grandes erupções vulcânicas.

Bibliografia

- Houghton, J. T.; Meira Filho, L. G.; Callander B. A.; Harris, N.; Kattemberg, A.; Maskell, K. (eds.) **Climatic Change: The science of climate change**. Cambridge, University Press, 1996.
- Gash, J. H. C.; Nobre, C. A.; Roberts, J. M.; Victoria, **Amazonian deforestation and climate**. New York, Wiley, 1996.
- Henderson-Sellers, A.; McGuffie, K. **A Climate Modelling Primer**. New York, Wiley, 1987.
- Schlesinger, M. E. **Physically-Based Modelling and Simulation of Climate and Climatic Change**. Part I and II. Dordrecht, NL: Kluwer, 1988.
- Tremberth, K. E. **Climate System Modeling** Cambridge: University Press, 1995.

MET-554-3	Dinâmica da Mesoescala
------------------	-------------------------------

Pré-requisito: Termodinâmica da Atmosfera e Física de Nuvens (MET-222-2).

Introdução: definição de mesoescala. Frentes e frontogêneses: cinemática da frontogênese, teoria semi-geostrófica, circulação transversal frontal. Estruturas de mesoescala associadas a ciclones extratropicais: processos de grande escala determinantes das características da mesoescala. Instabilidade simétrica. Ondas de montanhas e ciclogêneses tipo "lee": teoria e observações. Convecção cúmulus: temperatura potencial equivalente taxa vertical de variação de temperatura pseudo-adiabática, energia potencial convectiva disponível, entranhamento. Sistemas convectivos de mesoescala: características destes sistemas em latitudes médias, gênese dos sistemas convectivos de mesoescala, ciclones tropicais. Tempestades convectivas: dinâmica das tempestades rotativas. Exemplos de modelos de mesoescala: a) sistemas de mesoescala por aquecimento diferencial: - brisas marítima e terrestre, ventos de vale e de montanhas, circulações urbanas, efeitos lacustres; b) sistemas de mesoescala induzidos sinoticamente: bandas convectivas incluídas em nuvens estratiformes, linhas de instabilidade, aglomerados convectivos de mesoescala.

Bibliografia

- Cotton, W. R.; Anthes, R. A. **Storm and Cloud Dynamics**. New York: Academic Press, 1989.
- Holton, J. R. **An Introduction to Dynamic Meteorology**. 3. ed. New York: Academic Press, 1992.
- Lilly, D. K.; Gall-Chen, T. **Mesoscale Meteorology: Theories, Observations and Models**. Dordrecht, NL: Reidel, 1983. (NATO ASI Series C: Mathematical and Physical Sciences, n.114)
- Pielke, R. A. **Mesoscale Meteorological Modeling**. New York, Academic Press, 1984.

MET-555-2	Mecânica dos Fluidos 1
------------------	-------------------------------

Hipótese do contínuo. Descrições Euleriana e Lagrangiana do movimento. Derivadas substantivas e locais. Trajetórias, linhas de corrente e linhas de emissão. Teorema do Transporte de Reynolds. Equação da Continuidade. Deformação e taxa de deformação. Gradiente de velocidade. Dinâmica e equações constitutivas dos fluidos: forças de volume e de superfície. Conservação de quantidades de movimento linear e angular. Tensor Tensão. Equação do movimento: fluidos newtonianos e invíscidos. Equações de Navier-Stokes e de Euler. Equações da Energia e a Equação de Bernouilli. A Equação do Movimento em um sistema girante de coordenadas.

Bibliografia

- Aris, R. **Vectors, Tensors and the Basic Equations of Fluid Mechanics**. Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1965.
- Bird, R. B.; Stewart, W. E.; Lighfoot, E. N. **Transport Phenomena**. New York, Wiley, 1960.
- Coimbra, A.L.G. **Lições de Mecânica do Contínuo**. São Paulo, EDUSP, 1973.
- Gielow, R. **Notas de aulas em Mecânica de Fluidos Geofísicos**. São José dos Campos, INPE, 1993 (Manuscrito).
- Pedlosky, J. **Geophysical Fluid Dynamics**. New York, 2^a ed., Springer, 1986.
- Slattery, J.C. **Momentum, Energy and Mass Transfer in Continua**. Tokyo, McGraw-Hill Kogakusha, 1972.

MET-556-3	Mecânica dos Fluidos 2
------------------	-------------------------------

Escoamento viscoso: algumas soluções exatas da equação do movimento. Camada limite laminar. Teoria da perturbação: técnica das perturbações com aplicações à dinâmica dos fluidos. Convecção celular de Bénard. Turbulência: conceituação. Equações do movimento e da energia. Teoria estatística. Correlação e espectros. Camada limite: transporte turbulento de quantidade de movimento, de calor e de massa.

Bibliografia

- Gielow, R. **Notas de aula em Mecânica dos Fluidos II**. São José dos Campos, INPE, 1991. (Manuscrito).
- Monin, A. S.; Yaglom, A. M. **Statistical Fluid Mechanics: Mechanics of Turbulence**. Cambridge, MIT Press, 1971. v.1.

Slattery, J. C. **Momentum, Energy and Mass Transfer in Continua**. Tokyo, McGraw-Hill Kogakusha, 1972.

Tennekes, H.; Lumley, J. L. **A First Course in Turbulence**. Cambridge, MIT Press, 1972.

MET-557-3	Climatologia Dinâmica
------------------	------------------------------

Pré-requisito: Meteorologia Dinâmica 1 (MET-225-3)

1) Introdução aos aspectos estudados na climatologia dinâmica. 2) Aspectos climatológicos e ciclo sazonal no globo e na América do Sul e mecanismos associados. 3) Manutenção da circulação geral: O papel da circulação média meridional e dos distúrbios transientes. 4) Balanço energético da atmosfera terrestre e transportes meridional e vertical de energia. 5) Características dos distúrbios transientes nos dois hemisférios. Fluxo de Eliassen Palm e Vetor E, ciclo de energia de Lorenz. 6) Ondas estacionárias nos dois hemisférios: aspectos observacionais e teóricos. 7) Teleconexões e variabilidade interanual e intrasazonal na atmosfera. 8) Introdução às mudanças climáticas. 9) Introdução aos modelos numéricos de escala global com ênfase em modelos climáticos.

Bibliografia

James, I. N. **Introduction to Circulating Atmospheres**. Cambridge University Press, 1994.

Karoly, D. J.; Vincent, D. G. **Meteorology of the Southern Hemisphere**. Boston, MA, American Meteorological Society, 1999. (Meteorological Monographs).

Hoskins, B.; Pearce, R. (eds.) **Large-scale dynamical processes in the atmosphere**. London: Academic Press, 1983.

Palmen, E.; Newton, L.W. **Atmospheric Circulation Systems**. New York: Academic Press, 1969.

Philander, G. El Niño, La Niña and the Southern Oscillation. Academic Press, 1990.

Trenberth, K. E. **Climate System Modeling**. Cambridge University Press, 1992.

MET-558-2	Instrumentação Meteorológica
------------------	-------------------------------------

1. Conceitos Fundamentais de Eletricidade, Magnetismo e Ondas: revisão dos principais conceitos envolvendo estes temas. O conhecimento teórico e prático destes conceitos é fundamental para o manuseio com instrumentação meteorológica. Este conhecimento implicará em melhor entendimento dos sinais envolvidos nas medidas, nas interfaces de comunicação, e no desempenho dos sensores meteorológicos e consequentemente um maior conhecimento do funcionamento dos sensores. 2. Medidas de Radiação Atmosférica: princípios envolvidos na radiação e na medida da radiação solar. Apresentação dos principais sensores de medidas dos diversos tipos de radiação, bem como dos dispositivos de medidas remotas. 3. Medidas de temperatura: princípios envolvidos na medida da temperatura. Apresentar os principais sensores de medidas atuais. 4. Medidas de Pressão: princípios envolvidos na medida da pressão atmosférica. Apresentar os principais sensores de medidas atuais. 4. Medidas de Campo de Vento: princípios envolvidos na medida do campo de

vento. Apresentar os principais sensores de medidas atuais. 5. Medidas de vapor d'água, Nuvens e Precipitação: princípios envolvidos na medida do conteúdo de água na atmosfera. Apresentar os principais sensores de medidas atuais. 6. Sistemas de Medidas Completos: apresentar os sistemas de medidas que incluem um conjunto de medidas previamente discutido. (Medidas com sondas (radissonagem), estações automáticas, e plataformas móveis (medidas aerotransportadas)).

Bibliografia

- HAYT William H. Jr. E KEMMERLY Jack E. “Análise de Circuitos em Engenharia”, McGraw-Hill, 1973.
- KRAUS John D. e CARVER Keith R. “Eletromagnetismo”, Editora Guanabara 1973.
- MARTINS Nelson “Introdução à Teoria da Eletricidade e do Magnetismo”, Editora Edgard Blücher Ltda. 1975.
- DEFELICE, Thomas P. An Introduction to Meteorological Instrumentation and Measurements, New Jersey: Prentice Hall, Upper Saddle River, 1998.
- FRITSCHEN, Leo J.; GAY, Lloyd W. Environmental Instrumentation, New York: Springer-Verlag, 1979.
- BROCK, Fred V.; RICHARDSON, Scott J., Meteorological Measurement Systems. Oxford: University Press, 2001.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia, Recife-Brasil 2006/Winmeteoro 1.0 disponível julho 2006: www.agritempo.gov.br.
- WMO. World Meteorological Organization, Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, n. 8, 7.ed. 2008. Disponível em: ftp://ftp.wmo.int/Documents/MediaPublic/Publications/WMO8_CIMOGuide/WMO8_Ed2008_Up2010_en.pdf
- Website <http://www.vaisala.com>
- Website <http://www.campbellsci.com/>
- Website <http://www.kippzonen.com/>
- Website <http://www.eppleylab.com/>
- Website <http://www.youngusa.com/>
- Website <http://www.licor.com/>
- Website <http://www.paroscientific.com/>
- Website <http://www.thiesclima.com/>
- Website <http://www.gill.co.uk/>
- Website <http://leosphere.com/contact>
- Website <http://www.delta-t.co.uk>
- Website <http://www.sentek.com.au/home/default.asp>

MET-559-4	Interação Superfície-Atmosfera
------------------	---------------------------------------

Introdução ao Sistema Climático, Balanço de Energia Global, Transferência Radiativa da Atmosfera e Clima, Balanço de Energia à Superfície (Balanço de Radiação, Transferência de Calor e Armazenamento no Solo, Propriedades Térmicas dos Solos, Fluxos de Momentum, de Calor Latente e Calor Sensível), Transferência de Água no Solo, Balanço Hídrico e o Ciclo Hidrológico, Interação Solo-Vegetação-Atmosfera: observações e modelagem. Aspectos introdutórios à Oceanografia Física: fundamentos da termodinâmica da água do mar e diagramas temperatura-salinidade (TS). Circulação superficial da atmosfera e dos oceanos: giros subtropicais, sistemas equatoriais de correntes, circulação em altas latitudes. Circulação profunda nos oceanos. Principais processos físicos existentes nos oceanos

nas diversas escalas espaciais e temporais. Massas de água, origem e processos de formação. Instrumentos e sistemas de observações *in situ*. Dados derivados de satélite (TSM, ventos e altura da superfície do mar). Modelagem numérica dos oceanos e da interação do sistema acoplado oceano-atmosfera.

Bibliografia

- Campbell, G. S.; Norman, J. M. **An Introduction to environmental Biophysics**. New York, Springer, 1998.
- Hartmann, D. L. **Global Physical Climatology**. London, Academic Press, 1994.
- Hillel, D. **Introduction to Environmental Soil Physics**. San Diego, CA, EUA, Academic Press, 2004, 495 p.
- Houghton, J. T.; Meira Filho, L. G.; Callander, B. A.; Harris, N.; Kattemberg, A.; Maskell, K. **Climatic Change: The science of climate change**. Cambridge University Press, 1996.
- Kabat et al. **Vegetation, Water, Humans and Climate**. Germany, Springer-Verlag, 2004.
- Peixoto, J. P.; Oort, A. R. **Physics of Climate**. New York, American Institute of Physics, 1992.
- Reichardt, K. **Dinâmica da Matéria e da Energia em Ecossistemas**. ESALQ/USP, 1996, 514p.
- Reichardt, K.; Tim, L. C. **Solo, Planta e Atmosfera - Conceitos, Processos e Aplicações**. Livroceres, 2004.
- Woodward, F. I. **Climate and Plant Distribution**. Cambridge, University Press, 1990.

MET-560-3	Métodos Matemáticos em Meteorologia
------------------	--

Revisão de algebra Linear e cálculo matricial, Introdução a teoria da estimação; Processos estocásticos; Distribuição de Probabilidades; Lei da Propagação das Covariâncias; Matriz de Variância-Covariância; Classificação dos Erros nas observações e controle de qualidade; Ajustamento de observações; Matriz de Pesos; Sistemas Estáticos v.s. Sistemas Dinâmicos; Cálculo variacional e teoria de conjuntos aplicados à PNT; Soluções determinísticas e estocásticas; Redundância e incerteza nas soluções; Teoria de processamento por ensemble;

Bibliografia

- Evensen, G. **Data Assimilation: The Ensemble Kalman Filter**. I Springer, 307 pp. 2009.
- Kalnay, E.: **Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability**. Cambridge University Press, 341 pp, 2003.
- Lahoz, W., Khatatov, B., Ménard, R. (eds.): **Data assimilation: Making sense of observations**. Heidelberg, Springer. 2010.
- Lewis, J. M.; Lakshmivarahan, S.; Dhall, S.: **Dynamic Data Assimilation: A Least Squares Approach**, Cambridge University Press, 2006.
- Lynch, P.: **The Emergence of Numerical Weather Prediction: Richardson's Dream**. Cambridge University Press, 290 pp., 2006.

MET-561-2	Meteorologia por Radar
------------------	-------------------------------

Pré-requisitos: Termodinâmica da Atmosfera e Física de Nuvens (MET-222-2) e Radiação Atmosférica (MET-223-3)

Escalas de organização da convecção, tipos de nuvens e sistemas de mesoescala. Microfísica de nuvens: Tipos, princípios de formação e distribuição de tamanho de hidrometeoros. Radar Meteorológico: propagação da energia eletromagnética na atmosfera, equação radar, observação da precipitação e vento, rede de radares, laboratório de radar. Eletricidade Atmosférica: eletrificação em nuvens, tipos de relâmpagos, técnicas de monitoramento de descargas elétricas. Polarização da radiação e caracterização de hidrometeoros por sensores ativos.

Bibliografia

Collier, C.G. **Applications of Weather Radar Systems**. Chichester, John Wiley and Sons, 1996.

Doviak, R. J.; Zrnic, D. S. **Doppler Radar and Weather Observations**. Academic Press, San Diego, 1993.

Kessler, E. **Thunderstorm Morphology and Dynamics**. University of Oklahoma Press, 1986.

Macgorman, D. E.; Rust, W. D. **The Electrical Nature of Storm**. Oxford University Press, 1998.

Theon, J. S.; Fugono, N. **Tropical Rainfall Measurements**. A. Deepak Publishing, 1988.

Ulaby, F. T.; Moore, R. K.; Fung, A. K. **Microwave Remote Sensing: Active and Passive, Volume I: Fundamentals and Radiometry**. Artech House, 1981.

Ulaby, F. T.; Moore, R. K.; Fung, A. K. **Microwave Remote Sensing: Active and Passive. Volume II: Radar Remote Sensing and Surface Scattering and Emission Theory**. Artech House, 1986.

Fujii, T.; Fukushi, T. **Laser Remote Sensing**. Taylor and Francis, 2005.

MET-562-3	Estatística Aplicada à Meteorologia
------------------	--

Estatística descritiva e inferencial. Distribuições Teóricas de Probabilidade. Testes de Hipótese. Correlação e Regressão. Análise de Variância. Modelos Auto-regressivos e de Média Móvel. Análise Espectral Simples e Cruzada. Análises Multi-variadas: Funções Ortogonais Empíricas. Funções Ortogonais Empíricas Estendidas, Componentes Principais, Decomposição em Valores Singulares, Correlações Canônicas, e Análise de Agrupamentos.

Bibliografia

Chatfield, C. **The Analysis of Time Series: An Introduction**. Chapman and Hall, 1984.

Essenwanger, O. M. **Elements of Statistical Analysis**. In: Landsberg H.E. (ed.) **World Survey of Climatology – General Climatology IB**. Elsevier, 1986.

Preisendorfer R.W. **Principal Components Analysis in Meteorology and Oceanography**. Elsevier, 1988.

Storch H., Navarra A. **Analysis of Climate Variability: Applications of Statistical Techniques**. Springer-Verlag, 1999.

Storch H., Zweirs F. W. **Statistical Analysis in Climate Research**. Cambridge University Press, 2000.
Wilks D.S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. Academic Press, 1995.

MET-563-3	Introdução à Assimilação de Dados
------------------	--

A base de dados e o sistema de observação utilizado em assimilação de dados. O histórico de AD; Métodos clássicos de análise; Estratégias de Assimilação; Técnicas sequenciais e não-sequenciais; Métodos contínuos e intermitentes; Covariâncias e correlações dos erros de background e análise; Determinação das matrizes de erro; Controle de qualidade de informações; O estado da arte em assimilação de dados na América do Sul com ênfase nos desenvolvimentos no Brasil.

Bibliografia

Daley, R., 1991: **Atmospheric Data Analysis**. Cambridge Univ. Press
Evensen, G . **Data Assimilation: The Ensemble Kalman Filter**. Springer, 307 pp. 2009.
Kalnay, E., 2003: **Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability**. Cambridge Univ. Press.
Todling, R., 1996: **Notas de Aula - Teoria da Estimção e Assimilação de Dados Atmosféricos**. Disponível na Biblioteca do CPTEC/INPE.

MET-564-3	Sensoriamento Remoto da Atmosfera
------------------	--

Pré-requisito: Radiação Atmosférica (MET-223-3)

Instrumentos de Sensoriamento Remoto da Atmosfera - Radiômetros, Satélites, Radar, Lidar, sensores de descargas elétricas e GPS. Elementos de sensoriamento remoto, processamento de imagens e sistemas de recepção, tratamento básico de imagens, tipos de órbitas e o sistema atual e futuro de satélites. Modelos físicos e matemáticos das aplicações nas diversas faixas do espectro eletromagnético incluindo polarização e sensores ativos e passivos em microondas. As seguintes aplicações serão apresentadas: Estimativa de precipitação, monitoramento da microfísica das nuvens, classificação de nuvens, detecção de descargas elétricas, temperatura da superfície continental e do mar, índices de vegetação, queimadas, balanço de radiação, radiação UV, detecção de aerossóis, sondagens atmosféricas de gases traços e temperatura e umidade, extração do vento em altitude, umidade do solo.

Bibliografia

Carleton, A. M. **Satellite remote sensing in climatology**. Belhaven Press (London) and CRC Press (Boca Raton), 1991.
Goody, R. M. **Atmospheric Radiation: Theoretical Basis**. Oxford, Clarendon Press, 1964.
Kidder, S. Q.; Vonder Haar, T. H. **Satellite Meteorology: An Introduction**. San Diego, CA, Academic Press, 1995.

Liou, K. N. **An Introduction to Atmosphere Radiation**. 2ª ed., Academic Press, 1980.

Peixoto, J. P.; Oort, A. H. **Physics of climate**. New York, American Institute of Physics, 1992.

Ulaby, F. T. Microwave Radiometers. In: Vol. I - **Manual of Remote Sensing**. Falls Church, Virginia, American Society of Photogrammetry, Jan. 1975.

Ulaby, F. T. Active Microwave Determinations of Soil Moisture. In: Vol. II - **Manual of Remote Sensing**. Falls Church, Virginia, American Society of Photogrammetry, Jan. 1975.

Vaughan, R. A. **Remote Sensing Applications in Meteorology and Climatology**. Edited by. Dordrecht, The Netherlands: D. REIDEL Publishing Company, NATO Advanced Science Institutes Series, 1987.

Wallace J. M.; Hobbs, P. V. **Atmospheric Science: An Introduction Survey**. Academic Press, 2ª ed., 2006, 504 p.

MET-565-3	Micrometeorologia e Camada Limite Planetária
------------------	---

Pré-requisitos: Termodinâmica da Atmosfera e Física de Nuvens (MET-222-2), Radiação Atmosférica (MET-223-3), Interação Superfície-Atmosfera (MET-559-4).

Definição de Micrometeorologia, estrutura e características da Camada Limite Planetária (CLP). Fundamentos da Turbulência Atmosférica e Escoamentos Viscosos. Características da Camada Limite Superficial e Teoria da Similaridade, Forçantes Externas e fluxos de energia nas superfícies e no topo da CLP. Medidas Observacionais da CLP e técnicas de simulação. Aspectos teóricos e observacionais da estrutura da Camada Limite Convectiva – CLC e modelagem do crescimento. Aspectos teóricos e observacionais da estrutura da Camada Limite Estável – CLE e modelagem do crescimento. Aspectos teóricos e observacionais da estrutura e crescimento da Camada Limite Interna. Aulas práticas (estação meteorológica, anemometria convencional e sônica, radiossondagem, túnel de vento do CTA).

Bibliografia

Arya, P. S. **Introduction to Micrometeorology**. Academic Press, 2ª ed., 2001, 420 p.

Garratt, J. R. **The atmospheric boundary layer**. Cambridge University Press, 1992, 316 p.

Foken, T. **Micrometeorology**. Springer-Verlag, 2008, 303 p.

Holtslag, A. A. M.; Duynkerke, P. G. **Clear and Cloudy Boundary Layers**. Royal Netherlands Academy of Arts and Science, 1998, 372 p.

Kaimal, J. C.; Finnigan, J. J. **Atmospheric boundary layer flows – their structure and measurements**. Oxford University Press, 1994, 289 p.

Lee, X., Massman, W., Law, B. Handbook of micrometeorology: a guide for surface flux measurement and analysis. Springer-Verlag, 2004, 250 p.

Stull, R. B. **An introduction to boundary layer meteorology**. Kluwer Academic Press, 1988, 666 p.

Artigos especializados de revistas internacionais (*Boundary Layer Meteorology, Agricultural and Forest Meteorology, Atmospheric Environment, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, etc).

MET-566-2	Previsão Imediata de Tempo
------------------	-----------------------------------

Tipos de eventos severos associados a precipitação, aglomerados e estruturas de nuvens e as escalas espacial e temporal, balanço de energia de tempestades, características microfísicas das tempestades, características dinâmicas e termodinâmicas dos sistemas convectivos de mesoescala, propagação de sistemas convectivos de mesoescala, eletrificação de tempestades, processos de formação da precipitação, características e métodos de medidas dos conteúdos de água líquida e gelo das nuvens, limitações dos instrumentos de medidas, observação de tempestades por satélites e radar, Definições sobre desastres naturais associados a meteorologia, os modelos de previsão imediata (Rapid Develop Thunderstorm, ForTracc, Titan), parâmetros previsores de tempestades (altura de Waldvogel, tamanho de cristais de gelo, modelagem em alta resolução e previsão por conjuntos, assinaturas de forte convecção no topo das nuvens, etc), Laboratório de nowcasting.

Bibliografia

Livros:

Storm and Clouds Dynamics: Cotton and Anthes

Mesoscale Meteorology and Forecasting: Peter S. Ray

Microphysics of cloud and precipitation: Pruppacher and Klett

Severe Convective Storm -Doswell III

Radar and Atmospheric Science - Honor of David Atlas - Srivastava

Diversos trabalhos entre eles:

Cloud-Top Properties of Growing Cumulus prior to Convective Initiation as Measured by Meteosat Second Generation. Part II: Use of Visible Reflectance, JOURNAL OF APPLIED METEOROLOGY AND CLIMATOLOGY
Satellite-observed cold-ring-shaped features atop deep convective clouds, ATMOSPHERIC RESEARCH, 2010

Relating Passive 37-GHz Scattering to Radar Profiles in Strong Convection. JOURNAL OF APPLIED METEOROLOGY AND CLIMATOLOGY, 2011

The Convective System Area Expansion over Amazonia and Its Relationship with Convective System Life Duration and High-Level Divergence, MONTHLY WEATHER REVIEW, 2004

Thermodynamic conditions favorable to superlative thunderstorm updraft, mixed phase microphysics and lightning flash rate, ATMOSPHERIC RESEARCH, 2005

Severe weather detection algorithms and their performance, WEATHER AND FORECASTING, 2004

Data assimilation experiments of precipitable water vapour using the LETKF system: intense rainfall event over Japan 28 July 2008, TELLUS SERIES A-DYNAMIC METEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY, 2011

Nowcasting thunderstorms: A status report, BULLETIN OF THE AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY, 1998

MET-567-3	Modelagem Acoplada Oceano-Atmosfera
------------------	--

Pré-requisito: Meteorologia Dinâmica 1 (MET-225-3)

Circulação geral dos oceanos e da atmosfera. Camadas de mistura no oceano e na atmosfera. Transporte de massa no oceano. Troca de

momentum, de vapor d'água e de calores sensível e latente entre oceano e atmosfera. Parametrizações dos processos de troca. Efeitos do gelo e do mar. Distribuição espacial e temporal da Temperatura da Superfície do Mar (TSM). A Teoria do fenômeno El-Niño-Oscilação do Sul (ENOS). Os efeitos dos oceanos no clima do Brasil. Equações governantes de movimento, de estado e de termodinâmica da atmosfera e do oceano. Modelos de água rasa. Modelos baroclínicos separados para circulações da atmosfera e do oceano. Modelos da circulação geral acoplados determinísticos. Modelos estocásticos da previsão climática. Processos costeiros (contrastes térmicos, brisas, etc) e sua importância na modelagem regional e de mesoescala. Sistemas de observação oceânicos. Previsibilidade do sistema acoplado oceano-atmosfera.

Bibliografia

Beljaars, A. C. M.; Holtslag, A. A. M. On flux parameterization schemes for atmospheric models. **Journal of Applied Meteorology**, 30:327-341, 1991.

Brutsaert, W. A. **Evaporation into the Atmosphere: Theory, History and Applications**. Dordrecht, NL: Reidel, 1982.

De Almeida, R. A. F., P. Nobre, R. J. Haarsma, and E. J. D. Campos: Negative ocean-atmosphere feedback in the South Atlantic Convergence Zone. **Journal of Geophysical Review**, vol. 34, 2007. (doi:10.1029/2007GL030401).

Liu, W. T.; Katsaros, K. B.; Businger, J. A. Bulk parameterization of air-sea exchange of heat and water vapor including the molecular constraints at the interface. **Journal of Atmospheric Science**, 36:1722-1935, 1979.

Neelin, J. D.; Battisti, D. S.; Hirst, A. C.; Jin, F.-F.; Wakata, Y.; Yamagata, T.; Zebiak, S. E. ENSO Theory. **Journal of Geophysical Research**, 103:14261-14290, 1998.

Nobre, P.; Shukla, J. Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, 9:2464-2479, 1996.

WMO **Scientific Plan for the TOGA coupled ocean-atmosphere response experiment**. Genève, 1990. (WCRP Pub. Ser. n. 3 TD 64).

MET-568-3	Ondas do Mar e Processos Costeiros
------------------	---

PARTE I - ONDAS DO MAR: 1) Teoria da onda: equações, conceitos, classificação, transformação, representação espectral, propriedades estocásticas, e mecanismos de evolução. 2) Crescimento limitado por fetch e por duração e efeitos em água rasa. **PARTE II - PROCESSOS COSTEIROS:** 1) Modelagem e monitoramento de praia. 2) Propriedades físicas da água do mar e dos sedimentos. 3) Correntes costeiras ortogonais e ao longo da costa. 4) Dinâmica dos sedimentos. 5) Transporte ortogonal e ao longo da costa. 6) Modelos empíricos de evolução da praia. 7) Modelos analíticos e numéricos. 8) Aplicação de modelos numéricos; Modelo ECOMSED. 9) Modelagem de brisas e sua importância na modelagem regional e de mesoescala.

Bibliografia

J. Hardisty, **Beaches, Form and Process**. University of Hull, 1990.

J. R. Young, **Wind Generated Ocean Waves**. Elsevier, 1999.

Teoria e Modelos Conceituais de frentes, frontogênese e ciclones extratropicais; Ciclogênese e frontogênese; Teoria de Desenvolvimento de Sutcliffe; Classificação dos ciclones; Energética dos ciclones; Storm Tracks; Padrões atmosféricos associados ao tempo e clima na região (teleconexões, Oscilação Madden e Julian, bloqueio atmosférico, PSA); Elaboração de previsão de tempo e discussão do tempo; Previsão por conjuntos e suas aplicações; Circulação de monção e sua conexão com os sistemas transientes; Seminários sobre temas da área.

Bibliografia

- Bader, M.J. et al., 1995: Images in weathes forecasting – A practal guide for interpreting satellite and radar imagery. New York, Cambridge University Press, 499 p.
- Bluestein, B. B., 1992: Synoptic-dynamic meteotology in midlatitudes. Vol. I e II, Oxford University Press. 430 p. e 594 p.
- Chang E.; I. Orlanski, 1993: On the dynamics of a strom track. **J. Atmos. Sci.**, 50(7),999-1015.
- Gan M.A., 1992: **Ciclogênese e ciclones sobre a América do Sul**. Tese de Doutorado em Meteorologia, INPE. (INPE/5400-TDI/479).
- Hayes, J.L., R.T. Williams, M.A. Rennick, 1987: Lee Cyclogenesis. Part I: Analytic Studies. **Journal of the Atmospheric Sciences**. 44(2), 432–442.
- Hoskins B.; R. Pearce, 1983: **Large-scale dynamical processes in the atmsohere**. Academic Press. 397 p.
- M.E. McIntyre, A.W. Robertson, 1985: On the use and significance of isentropic potential vorticity maps. **Quart. J. Roy. Meteor. Soc.**, 111, 368-384.
- McIntyre, M. E., W. A. Norton, 2000: Potential Vorticity Inversion on a Hemisphere. **Journal of the Atmospheric Sciences**. 57(9), 1214–1235.
- Smith, R.B., 1984: A theory of a Lee cyclogenesis. **J. Atmos. Sci.**, 41,1159-1168.
- Yamagishi, Y., 1980: Simulation of the air mass transformation processes using a numerical model with the detailed boundary layer parametrization. **Journal Meteorological Society of Japan**, 58, 357-377.

Pré-requisito: Radiação Atmosférica (MET-223-3)

- 1- Bases teóricas de Assimilação de Dados (vetor de estado, vetor observação, métodos de assimilacao).
- 2 - Princípios da Radiação (Tb, Radiância, absorção, emissao, espalhamento, transmitancia e equação da transferência radiativa), e do Sensoriamento Remoto voltados a AD (canal, sondagen nadir e limbo, sondadores multi e hiper-espectrais).
- 3 - Assimilação de radiância: (Equação de assimilação de dados, controle de qualidade, Correção de bias, Erros das observações, “Thining” e Monitoramento)
- 4 - Aplicação do Sensoriamento remoto (sistema internacional de observacao via satellite, recepção de dados, pre-processamento, suites de dados observacionais de satélite) e transferência radiativa aplicada assimilacao de dados (funcao peso, jacobiano, operador H).

5 - Introdução aos modelos de transferência radiativa (CRTM, RTTOVS). Uso dos modelos CRTM e RTTOVS em assimilação de dados.

6 - Transferência radiativa em atmosfera com nuvens e aerossóis.

Bibliografia

Bauer, P. Multiple-scattering microwave radiative transfer for data assimilation applications. DOI: 10.1256/qj.05.153. QJRMS. 2006.

Evensen, G. Data Assimilation: The Ensemble Kalman Filter. I Springer, 307 pp. 2009.

Kalnay, E.: Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability. Cambridge University Press, 341 pp, 2003.

Lahoz, W., Khattatov, B., Ménard, R. (eds.): Data assimilation: Making sense of observations. Heidelberg, Springer. 2010.

Liou, K.N. Radiation and Cloud Processes in the Atmosphere, Oxford University Press, 1992.

Publicações em Jornais especializados.

Os trabalhos auxiliares ou finais de programa de Pós-Graduação são identificados na forma indicada a seguir:

EST	Estudo Orientado em Meteorologia
------------	---

até 3 créditos

MET-730	Pesquisa de Mestrado em Meteorologia*
----------------	--

0 crédito

MET-750	Dissertação de Mestrado em Meteorologia
----------------	--

12 créditos

MET-780	Pesquisa de Doutorado em Meteorologia*
----------------	---

0 crédito

MET-800	Tese de Doutorado em Meteorologia
----------------	--

36 créditos

*Atividade obrigatória, em cada período letivo, para todo aluno em fase de Pesquisa - definida pela oficialização de seu Orientador de Pesquisa, o qual avaliará o desempenho do aluno nesta atividade. Obrigatória, também, antes da oficialização citada, para o aluno que não esteja matriculado em alguma disciplina; neste caso, a orientação e avaliação deverão ser feitas por Docente aprovado pelo Coordenador Acadêmico de seu Curso.

Catálogo aprovado pelo CPG em 21/01/2014.