

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

Coordenador Acadêmico

Dirceu Luís Herdies

Membros do Conselho de Curso

Daniel Alejandro Vila
José Antonio Aravéquia
Luciano Ponzi Pezzi
Simone Marilene Sievert da Costa
Francisco Agostinho de Brito Neto – Representante Discente

Corpo Docente Permanente

Caio Augusto dos Santos Coelho, Ph.D. University of Reading, 2005
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
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.
Julio Pablo Reyes Fernandez, Doutor, INPE, 2004
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, Université 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
Paulo Nobre, Ph.D., Univ. of Maryland, 1993
Simone Marilene Sievert da Costa, Ph. D., University of Reading, 2006

Corpo Docente Colaborador

Antonio Ocimar Manzi, Ph.D., Université de Toulouse III, 1993
Éder Paulo Vendrasco, Doutor, INPE, 2015
Juan Carlos Ceballos, Doutor, IAG/USP, 1986
Paulo Yoshio Kubota, Doutor, INPE, 2012
Natália de Moraes Rudorff, Doutora, INPE, 2013
Nelson Jesuz Ferreira, Ph.D., Univ. of Wisconsin, 1987
Renato Galante Negri, Doutor, INPE, 2012
Saulo Ribeiro de Freitas, Doutor, IF-USP, 1999
Silvio Nilo Figueroa Rivero, Doutor, INPE, 1997

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
METEOROLOGIA**

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

1º Período Letivo

MET-661-0	Seminários I	Coordenador Acadêmico
MET-222-3	Termodinâmica da Atmosfera e Física de Nuvens	Dr. Marcos Daisuke Oyama
MET-235-3	Radiação Atmosférica	Dra. Simone M. Sievert da Costa Dr. Renato Galante Negri
MET-225-3	Meteorologia Dinâmica I	Dr. José Antonio Aravêquia Dr. Éder Paulo Vendrasco

2º Período Letivo

MET-341-3	Meteorologia Dinâmica II	Dr. José Paulo Bonatti
MET-347-4	Meteorologia Sinótica	Dr. Marcelo Selucci
MET-573-3	Sensoriamento Remoto da Atmosfera I	Dr. Daniel Vila

3º Período Letivo

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

NOTA: Todos os alunos deverão participar de no mínimo três Seminários, Palestras ou Cursos Extracurriculares, por período letivo, promovidos pela Instituição (INPE) para conclusão do 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-572-3	Modelagem e Previsão Climática	Dr. Caio Augusto dos Santos Coelho
MET-554-3	Dinâmica da Mesoescala	Dra. Chou Sin Chan
MET-557-3	Climatologia Dinâmica	Dra. Iracema Fonseca de Albuquerque Cavalcanti
MET-559-4	Interação Superfície-Atmosfera	Dr. Luciano Pezzi Dr. Antonio Ocimar Manzi
MET-560-3	Métodos Matemáticos em Meteorologia	Dr. Luiz Fernando Sapucci
MET-562-3	Estatística Aplicada à Meteorologia	Dr. Clovis Angeli Sansigolo
MET-563-3	Introdução à Assimilação de Dados	Dr. Dirceu Luís Herdies Dr. Luis Gustavo Gonçalves de Gonçalves
MET-574-3	Sensoriamento Remoto da Atmosfera II	Dr. Nelson Jesus Ferreira
MET-565-3	Micrometeorologia e CLP	Dr. Gilberto Fisch
MET-575-3	Previsão Imediata de Tempo: Satélite e Radar	Dr. Carlos Frederico de Angelis Dr. Luiz Augusto Toledo Machado
MET-567-3	Modelagem Acoplada Oceano-Atmosfera	Dr. Paulo Nobre
MET-570-3	Sinótica Avançada	Dr. Manoel Alonso Gan
MET-576-4	Modelagem Numérica da Atmosfera	Dr. Silvio Nilo Figueroa Rivero Dr. Paulo Yoshio Kubota

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

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
METEOROLOGIA**

EMENTAS DAS DISCIPLINAS OBRIGATÓRIAS

MET-222-3	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-235-3	Radiação Atmosférica
------------------	-----------------------------

Parâmetros astronômicos e terrestre. Grandezas radiométricas; espectro solar e de corpo negro; instrumentos de medição de radiação. Conceitos termodinâmicos da radiação: Emissão de corpos ideais e reais: corpo negro, leis de emissão, espectros de emissão/absorção. espectro solar e de corpo negro; propriedades radiativas de superfícies naturais: reflexão, refração, transmissão, absorção/emissão. Composição da atmosfera. Propagação de radiação solar na atmosfera: lei de Beer, espalhamento e absorção de radiação por gases e partículas: dispersão Rayleigh, Mie e óptica geométrica. Visibilidade atmosférica. Radiação térmica na atmosfera: bandas de absorção dos principais gases principais no infravermelho próximo e termal; propriedades e parametrização de emissão e transmissão. As equações de Maxwell e a Equação geral de Transferência Radiativa (ETR); Estimativa e observações do balanço de radiação na atmosfera. Propriedades radiativas de nuvens e aerossóis. Laboratório de radiação: uso de dados dos diferentes instrumentos de radiação.

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 I
------------------	--------------------------------

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., 4ª 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 Professores do Curso.

MET-341-3	Meteorologia Dinâmica II
------------------	---------------------------------

Pré-requisito: Meteorologia Dinâmica I (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 Modelos 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-interpretação 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-573-3	Sensoriamente Remoto da Atmosfera I
------------------	--

Satélites órbitas e sensores (do ultravioleta ao micro-ondas), princípios e visão de aplicações. Visão geral sobre os satélites em órbitas e previstos. Tipos de varredura (cross tracking, cônica, Lidar, SAR e fase array-ativa). Os satélites Geoestacionários (Series GOES, MSG, MTG e recentes). Os satélites em órbita polar (METOP e JPSS) e os satélites em órbita de baixa inclinação (GPM e MegaTropique). Satélites de pesquisa (as diferentes constelações). Composição de imagem. Geração de uma imagem RGB. O que é uma imagem, resolução espacial, temporal, radiométrica e espectral. Princípios de navegação, calibração (visível, infravermelho e micro-ondas) e problemas em imagens (correções radiométricas e geométricas), correção atmosférica para recuperação de informações da superfície. Modelos radiométricos forward de reprodução de imagens. Laboratório de satélite: reprodução de imagem visível, infravermelho e micro-ondas usando códigos de transferência radiativa.

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**. 2^a 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, 2^a ed., 2006, 504 p.

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/extratropicais), 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-extratropicais.
- 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.

O clima e o sistema climático: Definição de clima; componentes do sistema climático; fundamentais processos físicos inclusos em modelos climáticos; Avaliação das seguintes características em modelos climáticos: Climatológicas de longo período, anomalias, ciclo anual, variabilidade inter-anual e distribuições de probabilidade; Importância das distribuições de probabilidade para estudos de variabilidade, previsão e mudança climática; Variabilidade climática: Circulação geral da atmosfera; Padrões e fenômenos climáticos globais e regionais relevantes para as condições climáticas da América do Sul/Brasil e suas representações em modelos climáticos; Modelagem Climática: Introdução; base física da modelagem climática; classificação, hierarquia e tipos de modelos climáticos; formulações numéricas; equações primitivas; parametrizações; Previsão e previsibilidade climática sazonal: objetivo da previsão climática sazonal, viabilidade de produzi-la e reconhecimento da natureza probabilística dessa previsão; Modelos climáticos e técnicas de previsão climática sazonal; Atual nível de destreza das previsões dos modelos climáticos; Procedimentos de elaboração de previsões climática sazonais baseados em previsões numéricas geradas por modelos climáticos; Calibração e combinação de previsões climáticas sazonais produzidas por modelos climáticos; Verificação de previsões climáticas sazonais produzidas por modelos climáticos através de métricas determinísticas e probabilísticas.

Bibliografia:

Jolliffe I. and D. B. Stephenson. **Forecast verification. A Practitioner's guide** in atmospheric science. Wiley. 2003. 240p.

Stephenson D.B., C. A. S. Coelho, F. J. Doblas-Reyes, M. Balmaseda, 2005: **Forecast assimilation: a unified framework for the combination of multi-model weather and climate predictions**. Tellus, Vol 57, 3.

Trenberth, K. E. **Climate System Modeling Cambridge**: University Press, 1995.

Van den dool Huug. **Empirical methods in short-term climate prediction**. Oxford University Press, 2007, 215p.

Viatcheslav V. Kharin and Francis W. Zwiers, 2002: **Climate Predictions with Multimodel Ensembles**. J. Climate, 15, 793–799.

Wallace, J. M.; Hobbs, P. V. **Atmospheric Science: an Introductory Survey**. Academic Press, 2a ed., 2006, 483p.

Wilks D.S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. 2nd Edition. Academic Press, 2006. 627p.

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

Pré-requisito: Termodinâmica da Atmosfera e Física de Nuvens (MET-222-3).

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

Pré-requisito: Meteorologia Dinâmica I (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 Nino, La Nina and the Southern Oscillation. Academic Press, 1990.

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

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 álgebra 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., Khattatov, B., Ménard, R. (eds.): **Data assimilation: Making sense of observations**. Heidelberg, Springer. 2010.
- Lewis, J. M.; Lakshminarayanan, 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-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., Zwiers 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 de 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-574-3	Sensoriamento Remoto da Atmosfera II
------------------	---

Pré-requisito: Radiação Atmosférica (MET-223-3) e Sensoriamento Remoto da Atmosfera I (MET-573-3)

Equação de transferência radiativa com os termos de espalhamento. Princípios da emissividade problemas inversos de recuperação. Sondagens por sensoriamento remoto. Modelagem da interação radiação visível-infravermelho e microondas com gases, vapor d' água, água líquida e gelo. Propriedades dos canais do GOES-16 e seus potenciais produtos. Sondagem atmosférica com interferômetros e aplicações a assimilação de dados. Emissividades (modelos e aplicações). Modelos de classificação de objetos (cluster análise, neural e fuzzy logic). Aplicações diversas – da física dos métodos de inferência com: aplicações agrícolas (NDVI, TSC, umidade do solo, precipitação), aplicações aeronáuticas (cloud drift winds, gelo, nevoeiro), aplicações ambientais (gases atmosféricos, queimadas, desmatamento), aplicações oceânicas (TSM, clorofila, salinidade, manchas de óleo). Laboratório recuperação de parâmetros utilizando imagens.

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-222-3), Radiação Atmosférica (MET-223-4), 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-575-3	Previsão Imediata de Tempo: Satélite e Radar
------------------	---

Pré-requisito: Sensoriamento Remoto da Atmosfera I (MET-573-3)

O radar meteorológico, tipos de radares, a propagação da energia eletromagnética na atmosfera, equação de radar, radares de dupla polarização e dupla frequência, varredura volumétrica para aquisição de dados, espalhamento do gelo e da água, T-Matrix, medidas por disdrometros, distribuição de gotas, momentos e suas relações com as medidas de radar. Estratégias de medidas de radar, relação Z-R/ZDR-Tamanho de gota e KDP-R, parâmetros físicos estimados pelo radar, efeito Doppler e técnica VAD, classificação de hidrometeoros.

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. Modelos de previsão imediata (RapidDevelopThunderstorm, ForTracc, Titan), parâmetros previsores de tempestades. As Fases da previsão imediata (condições pré-convectiva, iniciação convectiva, sinais de severidade em sistemas maduros, previsão). Modelagem numérica aplicada a previsão imediata. 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.

Pré-requisito: Meteorologia Dinâmica I (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-570-3	Sinótica Avançada
------------------	--------------------------

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.

MET-576-4	Modelagem Numérica da Atmosfera
------------------	--

Pré-requisito: Meteorologia Dinâmica I (MET-225-3) e Termodinâmica da Atmosfera e Física de Nuvens (MET-222-3)

Os métodos numéricos, formulação e parametrizações utilizados nos modelos atmosféricos serão descritos em detalhe. Dinâmica: Métodos numéricos amplamente utilizados na solução numérica das equações diferenciais parciais que governam os movimentos na atmosfera serão o foco, mas também serão analisados os novos conceitos e novos métodos. Métodos de diferenças finitas, acurácia, consistência, estabilidade, convergência, métodos espectrais, métodos de volume finito, métodos semi-Lagrangianos, conservação de massa local, domínio de influência e domínio de dependência, dispersão numérica e dissipação, definição de filtros monótono e positivo, esquemas explícitos versus semi-implícitos, grades de Arakawa A, B, C e E, métodos semi-implícitos. A hierarquia de modelos serão discutidos, variando de modelos simples de Água Rasa até os Modelos de Circulação Geral da Atmosfera (MCGA). Física: Formulação matemática e sua solução numérica das parametrizações de superfície, camada limite planetária (PBL), convecção rasa e profunda, microfísica, radiação de onda curta e longa, ondas de gravidade e fracção de nuvens. Interações PBL-convecção, aerossóis-radiação, aerossóis-nuvens e radiação-nuvens. Ferramentas para o desenvolvimento e avaliação das parametrizações: Single-Column and Cloud-Resolvind models. Discussão de tópicos

especiais: Stochastic and scale-aware convective parameterization and unified cloud parameterization.

Bibliografia

Stensrud, D. (2007). Parameterization Schemes: Keys to Understanding Numerical Weather Prediction Models. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511812590

Røed, Lars Petter: Atmospheres and Oceans on Computers, Fundamental Numerical Methods for Geophysical Fluid Dynamics, ISBN 978-3-319-93864-6

By Dale R. Durran. Numerical Methods for Fluid Dynamics. Second Edition. 2010, XV, 516 p. 110 illus. ISBN: 978-1-4419-6411-3. Furthermore, additional material to replace parts of book will be available on the home page of the course.

Washington and Parker, 3-D climate modeling, A comprehensive treatment of the numerical techniques used in coupled models, Academic Press

<https://ocw.mit.edu/courses/earth-atmospheric-and-planetary-sciences/12-950-atmospheric-and-oceanic-modeling-spring-2004/lecture-notes/>

<http://www.springer.com/mathematics/numerical+and+computational+mathematics/book/978-1-4419-6411-3?changeHeader>

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

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

até 4 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 21/12/2018.