

ANEXO II

EMENTÁRIO DAS DISCIPLINAS

GRUPO I

DISCIPLINAS OBRIGATÓRIAS

MESTRADO

Análise no $\mathbb{R}^n$: Topologia do espaço euclidiano. Caminhos no espaço euclidiano. Funções reais de n variáveis. Aplicações diferenciáveis. Integrais Múltiplas. Integrais de superfície: teorema de Stokes.

Bibliografia:

1. Lang, S.: Undergraduate Analysis. New York. Springer-Verlag. 1983.
2. Lima, E. L.: Análise no espaço $\mathbb{R}^n$. Coleção Matemática Universitária. Rio de Janeiro, IMPA. 2004.
3. Lima, E. L.: Curso de Análise vol.2. Projeto Euclides. Rio de Janeiro, IMPA. 1989.
4. Lima, E. L.: Análise Real vol.2. Coleção Matemática Universitária. Rio de Janeiro, IMPA. 2004.
5. Spivak, M.: O Cálculo em Variedades. Coleção Clássicos em Matemática. Editora Ciência Moderna. Rio de Janeiro. 2003.

Análise Complexa: Números complexos. Funções analíticas: séries de potências, fórmula integral de Cauchy. Séries de Taylor e de Laurent. Singularidades. Teorema de resíduos e aplicações. Aplicações conforme. Teorema da representação conforme de Riemann. Funções harmônicas. Fórmula de Poisson.

Bibliografia:

1. Ahlfors, L.: Complex Analysis. New York. Mc-Graw Hill, 1966.
2. Cartan, H.: Elementary theory of analytic functions of one or several complex variables. Dover Publications, New York, 1995.
3. Conway, J. B.: Functions of one Complex Variable. Spring-Verlag. Berlin. 1978.
4. Knopp, K.: Theory of functions, part I and II. Dover, New York, 1996.
5. Markushevich, A. I.: Theory of functions of a complex Variable, second edition. MAS, New York, 2005.
6. Stein, E. and Shakarchi, R.: Complex Analysis. Princeton Lectures in Analysis, No 2. Princeton University Press, 2003.

Estruturas Algébricas: Anéis euclidianos, inteiros de Gauss. Anéis fatoriais, critério de Eisenstein, lema de Gauss. Polinômios simétricos, algoritmo de Newton. Resultante, teorema de Bezout. Módulos sobre domínios principais, forma canônica de Jordan. Teorema da base de Hilbert. Teorema dos zeros de Hilbert. Grupos, grupos quocientes. Teorema de Lagrange. Grupos finitos com dois geradores. Grupos de permutações. Teorema de Sylow. Teorema de Jordan-Hölder. Grupos solúveis. Teoria de módulos finitamente gerados.

Bibliografia:

1. Artin, M.: Algebra. Prentice-Hall. New Jersey. 1991.
2. Garcia, A. e Lequain, Y.: Álgebra: Um Curso de Introdução. Projeto Euclides. Rio de Janeiro, IMPA. 1988.
3. Garcia, A. e Lequain, Y.: Elementos de Álgebra. Projeto Euclides. Rio de Janeiro, IMPA. 2003.
4. Jacobson, N.: Lectures in Abstract Algebra, Vol. I. Van Nostrand. New York. 1951.

Geometria Diferencial: Curvas planas; Desigualdade isoperimétrica. Curvas no espaço: curvatura e torção, Triedro de Frenet, teorema de existência e unicidade de curvas. Superfícies no $\mathbb{R}^3$: primeira forma fundamental e área. Aplicação normal de Gauss; direções principais, curvatura de Gauss e curvatura média, linhas de curvatura. Geometria intrínseca, exemplos clássicos de superfícies. Derivada covariante, o teorema Egregium; curvatura geodésica; equações das geodésicas, cálculo de geodésicas em superfícies; a aplicação exponencial, o teorema de Gauss-Bonnet. Outros tópicos.

Bibliografia:

1. Araújo, P. V.: Geometria Diferencial. Coleção Matemática Universitária. IMPA. Rio de Janeiro, 1998.
2. Do Carmo, M. P.: Geometria Diferencial de Curvas e Superfícies. Textos universitários, SBM. Rio de Janeiro, 2005.
3. Lima, Elon Lages: Curso de Análise vol 2. Projeto Euclides, IMPA. Rio de Janeiro, 2000.
4. O' Neill, B.: Elementary differential geometry, 2ed. New York: Academic Press, 1971.

DOUTORADO

Análise Funcional: Espaços vetoriais normados. Espaços de Banach. Espaço quociente. Espaços de Lebesgue, Teorema de Fischer-Riesz, Reflexividade e Separabilidade, Convolução e Regularização, Densidade de funções suaves. Operadores lineares e seus adjuntos. Teorema de Hahn-Banach. Teorema da limitação uniforme. Teorema do gráfico fechado. Teorema da aplicação aberta. Topologia fraca. Teorema de Banach-Alaoglu. Espaços reflexivos. Espaços de Hilbert. Conjuntos ortonormais. Teorema da representação de Riesz. Operadores compactos. Teoria espectral de operadores compactos auto-adjuntos.

Bibliografia:

1. Bachman, G. and Narici, L.: Functional Analysis. Academic Press, New York. 1966.

2. Botelho, G., Pellegrino, D. e Teixeira, E.: Fundamentos de Análise Funcional, Coleção Textos Universitários, SBM, 2015
3. Brezis, H.: Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations. New York, Springer, 2011.
4. Conway, J.: A Course in Functional Analysis. Springer. 1985.
5. Kolmogorov, A. N. and Fomin, S. V.: Introductory real analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood, N.J.. 1970.
6. Oliveira, C. R.: Introdução à Análise Funcional. Publicações Matemáticas. Rio de Janeiro, IMPA. 2005.

Variedades Diferenciáveis: Variedades diferenciáveis: definições, exemplos, variedade com bordo, fibrado tangente. Elementos da teoria de grupos de Lie. Aplicações diferenciáveis: imersões, submersões, mergulhos. Partições da unidade. Teorema do Mergulho de Whitney. Tensores e métricas Riemannianas. Homotopia. Formas diferenciais. Orientação. Integração em variedades: Teorema de Stokes. Cohomologia de De Rham. Distribuições e o Teorema de Frobenius.

Bibliografia:

1. Guillemin, P. e Pollack, A.: Differential topology. New Jersey: Prentice-Hall, 1974.
2. Lee, John: Introduction to smooth manifolds. Graduate Texts in Mathematics, Springer. 2002.
3. Lima, Elon Lages: Curso de Análise vol 2. Projeto Euclides, IMPA. Rio de Janeiro, 2000.
4. Tu, L.: An Introduction to Manifolds. Springer Second Edition. 2010.
5. Warner, Frank: Foundations of differentiable manifolds and Lie groups. Scott. Foresman, New York, 1971.

Equações Diferenciais Parciais I: Equação de Laplace: funções harmônicas, princípio do máximo, regularidade, teorema de Liouville, solução fundamental, desigualdade de Harnack, funções de Green, métodos da energia. Espaços de Sobolev: teoremas de densidade, mergulhos e compacidade. Equação do Calor: solução fundamental, problema de valor inicial, propriedade do valor médio, princípio do máximo, estimativa das derivadas, método da energia. Equação da Onda: fórmula de d'Alembert, soluções no plano e no espaço, métodos da transformada de Fourier e da energia.

Bibliografia:

1. Evans, L. C.: Partial Differential Equations. Graduate Studies in Mathematics vol. 19, American Mathematical Society, 1998.
2. Gilbarg, D., Trudinger, N.S.: Elliptic Partial Differential Equations of Second Order, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1998.
3. Iório Jr, R. e Iório, V.: Equações Diferenciais Parciais, uma introdução. Projeto Euclides. Rio de Janeiro, IMPA. 1988.
4. John, F.: Partial Differential Equations. Third edition. Springer-Verlag. New York, 1978.
5. Jost, J.: Partial Differential Equations (Graduate Texts in Mathematics). Springer, 2002.
6. Medeiros, L. A.; Ferrel, J. L. e Biazutti, A. C.: Métodos clássicos em equações diferenciais parciais. Instituto de Matemática, UFRJ, 2000.

Geometria Riemanniana: Métricas Riemannianas. Conexões. Geodésicas. Curvaturas. Derivação covariante de tensores. Campos de Jacobi. Imersões isométricas. Variedades Riemannianas completas: Teorema de Hopf-Rinow, Teorema de Hadamard. Espaços de curvatura constante. Variações do comprimento de arco. Teorema de comparação de Rauch.

Bibliografia:

1. do Carmo, M.P.: Geometria Riemanniana. Projeto Euclides, IMPA. Rio de Janeiro, 1979.
2. Gallot, S.; Huylin, D. e Lafontaine, J.: Riemannian Geometry. Berlin, Springer-Verlag, 1987.
3. Jost, J.: Riemannian Geometry and Geometric Analysis. 3rd Edition, Springer-Verlag, Milan, 1998.
4. Lee, John: Riemannian Manifolds: An Introduction to Curvature. Graduate. Texts in Mathematics, Springer. 1997.
5. Petersen, Peter: Riemannian Geometry. University of California. Graduate Texts in Mathematics. Springer. 1997.
6. Sakai, T.: Riemannian Geometry. A.M.S., Mathematical Monographs, vol. 149.

Otimização I: Condições de otimalidade para problemas sem restrições. Métodos para otimização irrestrita (métodos de descida e busca linear, o método do gradiente, o método de Newton, métodos quase-Newton, métodos de direções conjugadas). Conjuntos convexos. Teoremas de separação. Teoremas de alternativa. Funções convexas. Método subgradiente e método do ponto proximal. Condições de otimalidade no caso das restrições de igualdade e desigualdade (condições de Karush-Kuhn-Tucker, condições de segunda ordem). Elementos da Teoria de Dualidade. Teoria de Operadores Monótonos.

Bibliografia:

1. Bazaraa, M. S., Sherali, H. D. and Shetty, C. M.: Nonlinear programming: Theory and algorithms. 3rd ed. Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Hoboken, Nj, 2006.
2. Bertsekas, D. P.: Nonlinear programming, Belmont, Mass: Athena Scientific, 1995.
3. Izmailov, A. and Solodov, M.: Otimização, volume 1: Rio de Janeiro, IMPA, 2005.
4. Luenberger, D. G. and YE, Y.: Linear and Nonlinear Programming. Fourth Edition, Stanford University, 2016.
5. Nesterov, Y.: Introductory Lectures on Convex Optimization: A Basic Course, 87 Applied Optimization, Springer Science & Business Media, 2003.
6. Peressini, A.L.; Sullivan, F.E., UHL, J.J., JR: The mathematics of nonlinear programming. Undergraduate Texts in Mathematics. Springer-Verlag, New York, 1988.
7. Rockafellar, R.T.: Convex Analysis. Princeton Univ. Press, 1970.

Grupo II

Disciplinas Eletivas

Acompanhamento discente Mestrado: disciplina que visa a integralização dos estudos e poderá ser feita em outros Programas ofertados pela UFPI ou outras IES credenciadas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), desde que seja de interesse ao desenvolvimento da Dissertação do(a) discente.

Acompanhamento discente Doutorado: disciplina que visa a integralização dos estudos e poderá ser feita em outros Programas ofertados pela UFPI ou outras IES credenciadas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) ou ainda para discente que estejam realizando doutorado sanduíche, desde que seja de interesse ao desenvolvimento da Tese do(a) discente.

ANÁLISE

Equações Diferenciais Ordinárias: Teorema de existência e unicidade. Dependência diferenciável das condições iniciais. Equações lineares. Exponencial de matrizes. Classificação dos campos lineares. Forma canônica de Jordan. Equações lineares não autônomas: solução fundamental e teorema de Liouville. Equações lineares não homogêneas. Equações com coeficientes periódicos, teorema de Floquet. Estabilidade e instabilidade assintótica de um ponto singular de uma equação autônoma. Funções de Lyapounov. Pontos fixos hiperbólicos. Enunciado do teorema de linearização de Grobman-Hartman. Fluxo associado a uma equação autônoma. Conjuntos limites. Campos gradientes. Campos Hamiltonianos. Campos no plano: órbitas periódicas e Teorema de Poincaré-Bendixon. Órbitas periódicas hiperbólicas. Equação de Van der Pol.

Bibliografia:

1. Arnold, V.: Equations Differentielles Ordinaires. Moscou, Ed. Mir. 1974.
2. Doering, C. I. e Lopes, A. O.: Equações Diferenciais Ordinárias. Coleção Matemática Universitária. Rio de Janeiro, IMPA. 2005.
3. Figueiredo, D. G. e Neves, A. F.: Equações diferenciais aplicadas. Coleção Matemática Universitária. Rio de Janeiro, IMPA. 2005.
4. Hirsch, M. and Smale, S.: Differential Equations, Dynamical Systems and Linear Algebra. New York, Academic Press. 1974.
5. Pontryagin, L. S.: Ordinary Differential Equations. Reading, Mass., Addison-Wesley. 1969.
6. Sotomayor, J.: Lições de Equações Diferenciais Ordinárias. Projeto Euclides. Rio de Janeiro, IMPA. 1979.

Equações Diferenciais Parciais II: Métodos de Compacidade: Teoremas de Compacidade: de Aubin Lions e de Simon e aplicações à Equação da Onda não Linear, Equações de Navier Stokes, Equações de Schroedinger, Modelos de Kirchhoff para Vibrações não Lineares; Métodos de Monotonia: Equações Parabólicas Monótonas, Métodos de Monotonia e Operadores

Hiperbólicos não Lineares, Problema Estacionário, Variantes do Problema de Navier Stokes; Métodos de Ponto Fixo: Teoremas do Ponto Fixo: de Banach, de Schauder, de Kakutani, de Schaefer e aplicações às Equações Parabólicas não Lineares e Problemas Elípticos Quasilineares.

Bibliografia:

1. Brezis, H.: Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations. New York, Springer, 2011.
2. Evans, L. C.: Partial Differential Equations. Graduate Studies in Mathematics vol. 19, American Mathematical Society, 1998.
3. Kesavan, S.: Topics in Functional Analysis and Applications, Wiley Eastern Limited, 1989.
4. Lions, J.L.: Quelques Méthodes de résolution des problèmes aux limites nonlinéaires, Dunod Gauthier-Villars, 1969
5. Medeiros, L.A., Miranda, M.M.: Introdução aos Espaços de Sobolev e as Equações Diferenciais Parciais, IM-UFRJ, 1993.

Introdução às Equações Dispersivas Não-Lineares: Transformada de Fourier: nos espaços das funções integráveis, de Schwartz, das funções quadrado integráveis, das distribuições temperadas. Teoremas de Riez-Thorin, de Stein, de Marcinkiewicz. Desigualdades de Young e Hausdorff-Young e Hardy-Littlewood-Sobolev. Espaços de Sobolev. Espaços de Bourgain. Equação de Schrodinger linear: efeitos regularizantes globais e locais. Equação de Schrodinger não linear: teoria local e global e formação de singularidades. Equação de Korteweg-de Vries generalizada: teoria local e global. Aplicações.

Bibliografia:

1. Cazenave, T.: Semilinear Schrödinger equation, Courant Lectures Notes 10, AMS, 2003.
2. Linares, F., Ponce, G.: Introduction to Nonlinear Dispersive Equations, Springer, 2009.
3. T. Tao, Nonlinear Dispersive Equations, Local and Global Analysis, CBMS Regional Conferences Series in Mathematics, 106, AMS, 2006.

Análise Harmônica: Transformada de Fourier. Noções fundamentais da teoria de variáveis reais: a função maximal. Interpolação de operadores. Integrais singulares. Transformadas de Riesz: integrais de Poisson. Esféricos harmônicos. Séries de Fourier múltiplas. A teoria de Littlewood-Paley e multiplicadores. Espaços de Hardy.

Bibliografia:

1. Duonadikoetxea, J.: Fourier Analysis, Graduate Studies in Mathematics, vol. 29, AMS, Providence, RI, 2001.
2. Grafakos, L. Classical Fourier Analysis, Graduate Texts in Mathematics, 249, Springer, 2004
3. Stein, E. – Harmonic Analysis, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1993.

Espaços de Sobolev e Aplicações às EDPs: Noção de distribuição de Schwartz. Propriedades elementares dos Espaços de Sobolev $W^{m,p}$. Traço de funções de H^m . Imersões de Sobolev. Teorema de Lax-Milgram. Problemas de Dirichlet. Problemas de Neumann. Método de Feado-Galerkin-Lions. Equações parabólicas. Equações hiperbólicas.

Bibliografia:

1. Adams. R.A.: Sobolev Spaces, Academic Press, N.Y., 1975.
2. Brezis, H.: Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations. New York, Springer, 2011.
3. Evans, L. C.: Partial Differential Equations. Graduate Studies in Mathematics vol. 19. American Mathematical Society, 1998.
4. J.L-Lions, Quelques méthodes de résolution des problèmes aux limites non linéaires, Dunod, 1969.
5. Medeiros, L.A. & Milla Miranda, M, Introdução aos Espaços de Sobolev e às equações diferenciais parciais, IM-UFRJ 2011
6. Schwartz, L. Généralization de la Notion de Fonction, de Dérivation et de Transformation de Fourier et Application Mathématiques et Physiques, Annales Univ. Grenoble 21 (1945), 57-74.

Equações Diferenciais Parciais Elípticas: A equação de Laplace, representação de Green, problema de Dirichlet, método das funções subharmônicas, princípio do máximo, desigualdade de Harnack, equação de Poisson, potencial newtoniano, problema de Dirichlet para a equação de Poisson, soluções clássicas, Teoria de Schauder, Teoria de De Giorgi-Nash-Moser: teoria de regularidade de DeGiorgi, Método de iteração de Moser. Espaços de Sobolev, espaços $W^{k,p}$, teoremas de densidade e mergulhos, resultados de compacidade, soluções generalizadas, regularidade, problema de autovalores, soluções fortes. Equações totalmente não-lineares, soluções no sentido da viscosidade, princípio do máximo de Alexandro, desigualdade de Harnack, Teoria $W^{2,p}$ para soluções no sentido da viscosidade.

Bibliografia:

1. Evans, L. C.: Partial Differential Equations. Graduate Studies in Mathematics vol. 19, American Mathematical Society, 1998.
2. Gilbarg, D., Trudinger, N.S.: Elliptic Partial Differential equations of Second Order, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1998.
3. Fanghua Lin, Qing Han.: Elliptic Partial Differential Equations, American Mathematical Society 2000.

Medida e Integração: Conjuntos e funções mensuráveis. Medidas. Integração de funções positivas mensuráveis e Integração de funções reais. Teoremas de convergência. Diferenciação e Integral de Lebesgue. Espaços de Banach e operadores lineares sobre espaços vetoriais normados. Tipos de convergência. Teoremas de decomposição; Teorema de Radon-Nikodyn. Teorema de representação de Riesz. Teoremas de Fubini e de Tonelli.

Bibliografia:

1. Bartle, R.: The elements of integration and Lebesgue measure. New York. John Wiley and Sons. 1995.
2. Folland, G. B.: Real Analysis, Modern Techniques and their applications. John Wiley and Sons. 1984.
3. Isnard, C.: Introdução à medida e integração. Projeto Euclides. Rio de Janeiro, IMPA. 2007.
4. Royden, MN.: Analysis. New York. The MacMillan. 1963.
5. Rudin W.: Real and Complex Analysis. Mac-Graw Hill. 1966.

Teoria de Semigrupos e Aplicações: Semigrupos: fortemente contínuos, compactos, analíticos. O teorema de Hille-Yosida. O teorema de Lumer e Phillips. Os teoremas de aproximação de Trotter-Kato. Aplicações: Equação de difusão linear. Equação de ondas lineares. Sistema termoelástico linear. Equação de difusão não linear.

Bibliografia:

1. H. Brezis, Functional analysis, Sobolev spaces and partial differential equations, Springer, 2010.
2. K.-J. Engel & R. Nagel, A short course on operator semigroups, Springer, 2005.
3. A. Friedman, Partial differential equations, Dover Publications, Inc. 1997.
4. J. A. Goldstein, Semigroups of linear operators and applications, Oxford University Press, 1995.
5. A. M. Gomes, Semigrupos de operadores lineares e aplicações às equações de evolução, IM-UFRJ, 2007.
6. Z. Liu & S. Zheng, Semigroups associated with dissipative systems, Chapman & Hall/CRC, London, 1999.
7. A. Pazy, Semigroups of linear operators and applications to partial differential equations, Springer, 1983. 2nd ed. 2008.

Teoria do Controle: Controlabilidade de sistemas lineares. Equações Parabólicas: Desigualdade de Carleman para equação do calor, desigualdade de observabilidade, controlabilidade aproximada e nula para a equação do calor. Equações Hiperbólicas: Desigualdade de Carleman para equação da onda, desigualdade de observabilidade, controlabilidade aproximada e nula para a equação da onda, Método HUM. Técnicas de controlabilidade para alguns sistemas não lineares.

Bibliografia:

1. Coron, J.-M.: Control and Nonlinearity, Mathematical Surveys and Monographs Volume 136, American Mathematical Society, 2007.
2. Fernandez-Cara, E.: Some Results Concerning the Control of Parabolic PDEs, Universidad de Sevilla, 2008.
3. Fursikov, A.; Imanuvilov, O.: Controllability of evolution equations: lecture notes, Vol 34, Seoul National University, Korea, 1996.
4. Medeiros, L. A.; Miranda, M. M.; Lourêdo, A. T.: Introduction to exact control theory method HUM, EDUEPB, Campina Grande, Paraíba, 2013.
5. Puel, J. P.: Global Carleman inequalities for the wave equations and applications to controllability and inverse problems. Cours Udine Mod1-06- 04-542968, Udine, 2011.
6. Zuazua, E.: Controllability of Differential Equations, 3rd cycle, Castro Urdiales (Espagne), 2006.

Teoria do Ponto Crítico: Pontos Críticos via Minimização. O Teorema da Deformação. O Teorema do Passo da Montanha. O Teorema do Ponto de Sela. Pontos Críticos com Vínculos Naturais. Aplicações Pontos Críticos na Presença de Simetria. O Princípio Variacional de Ekeland. Princípio de Minimax Geral, Teoria de Lusternik-Schnirelman. Multiplicidade na teoria Continuação. O Lema de Concentração Compacidade de Lions e aplicações.

Bibliografia:

1. Costa, D.G.: An Invitation to Variational Methods in Differential Equations (Birkhuser Advanced Texts/Basler Lehrbcher), 2007.
2. Figueiredo, D.G.: The Ekeland variational principle with applications and detours. Tata Institute of fundamental research, Bombay, 1989.
3. Ghoussoub, N.: Duality an perturbation methods in critical point theory. Cambridge University Press, 1993.
4. Willem, M.: Minimax Theorems, Birkhauser, Boston, Besel, Berlim, 1996.
5. Kavian, O.: Introduction à la théorie des points critiques: et applications aux problèmes elliptiques (Mathématiques et Applications), 1994.
6. Rabinowitz, P.H.: Minimax Methods in Critical Point Theory With Applications to Differential Equations (Cbms Regional Conference Series in Mathematics), 1986.

Teoria Espectral: Operadores lineares limitados e não limitados. Operadores integrais, operadores de multiplicação e operadores diferenciais. O teorema de extensão para operadores limitados. A transformada de Fourier em $L^1(\mathbb{R}^n)$, $S(\mathbb{R}^n)$ e $L^2(\mathbb{R}^n)$. Distribuição de Schwartz, distribuições temperadas e distribuições de suporte compacto. Os espaços de Sobolev $H^s(\mathbb{R}^n)$. Aplicações às equações de evolução, lineares e não lineares. Operadores fechados, fecháveis, simétricos e auto-adjuntos. Resolvente e espectro. A transformada de Cayley. O teorema espectral para operadores auto- adjuntos nas formas de integrais espectrais, de operador de multiplicação e de cálculo funcional. O teorema de Stone.

Bibliografia:

1. Hille, E.: Methods in Classical and Functional Analysis. Reading, Mass., Addison-Wesley Pub. Co.,1972.
2. Kolmogorov, A.N., Fomin, S. V.: Introductory Real Analysis, Dover Publ., Inc. Translated from the seconde russian edition, 1970.
3. Reed, M., Barry, S.: Methods of Modern Mathematical Physics vols. I e II. New York: Academic Press, 1972-1978.
4. Riesz, F., SZ-Nagy, B.: Functional Analysis, Frederick Ungar Publ.Co. Translated from the second french edition, 1955.
5. Rudin, W.: Real and Complex Analysis. New York, McGraw-Hill, 1966.
6. Stone, M.: Linear Transformations in Hilbert Space and their Applications to Analysis, Amer. Math. Soc. Colloq. Publ., vol. 15, 1932.
7. Thayer, J.: Operadores Auto-adjuntos e Equações Diferenciais Parciais. Rio de Janeiro, Projeto Euclides, IMPA, 1987.

Tópicos de Análise I: Tópicos avançados escolhidos pelo professor responsável pela disciplina. O conteúdo é variável e abrange resultados de pesquisas recentes.

Bibliografia:

1. Escolha do professor responsável pela disciplina.

Tópicos de Análise II: Tópicos avançados escolhidos pelo professor responsável pela disciplina. O conteúdo é variável e abrange resultados de pesquisas recentes.

Bibliografia:

1. Escolha do professor responsável pela disciplina.

Seminário de Análise I: Tópicos avançados escolhidos pelo professor responsável pela disciplina. O conteúdo é variável e abrange resultados de pesquisas recentes.

Bibliografia:

1. Escolha do professor responsável pela disciplina.

Seminário de Análise II: Tópicos avançados escolhidos pelo professor responsável pela disciplina. O conteúdo é variável e abrange resultados de pesquisas recentes.

Bibliografia:

1. Escolha do professor responsável pela disciplina.

GEOMETRIA E TOPOLOGIA

Dinâmica Hiperbólica: Ponto fixo hiperbólico e linearização topológica. Teorema da variedade estável e λ lema. Teorema de Kupka-Smale. Conjuntos hiperbólicos: folheações estável e instável; exemplos: ferradura, solenóide, difeomorfismo derivado de Anosov, atrator de Plykin. Persistência e estabilidade de conjuntos hiperbólicos; lema de sombreamento. Estabilidade de difeomorfismos globalmente hiperbólicos (Anosov). Filtração e decomposição espectral dos difeomorfismos axioma A. Teorema da ω -estabilidade. Ciclos e exemplos de sistemas ω -instáveis. Estabilidade de ligação transversal de selas. Comentários sobre as conjecturas da estabilidade e da ω -estabilidade. Closing Lemma e questões correlatas. Elementos de teoria das bifurcações.

Bibliografia:

1. Brin, M. and Stuck, G.: Introduction to Dynamical Systems, Cambridge University Press, 2002.
2. Katok, A. and Hasselblatt, B.: Introduction to Modern Theory of Dynamical Systems, Cambridge University Press, 1995.
3. Melo, W., Van Strien, S.: One-Dimensional Dynamics, Springer-Verlag, 1993.

4. Palis, J., De Melo, W.: Introduction to Dynamical Systems, Berlin, Springer-Verlag, 1982. Versão Original: Projeto Euclides, IMPA, 1987.
5. Palis, J., Takens, F.: Hyperbolicity & sensitive chaotic dynamics at homoclinic bifurcations, Cambridge University Press, 1993.
6. Shub, M.: Global Stability of Dynamical Systems. New York, Springer-Verlag, 1987.

Geometria de Subvariedades: As equações fundamentais e o teorema fundamental das imersões isométricas. Imersões umbílicas e mínimas. Hipersuperfícies convexas. Subvariedades com curvatura não positiva. Redução de codimensão. Imersões isométricas entre espaços de curvatura seccional constante. Rigidez isométrica local. Rigidez isométrica global. Composição de imersões isométricas. Subvariedades conformemente euclidianas. Imersões conformes. Outros Tópicos.

Bibliografia:

1. Dajczer, M. et al.: Submanifolds and Isometric Immersions, Houston, Publish or Perish, 1990.
2. Do Carmo, M.: O Método do Referencial Móvel. Rio de Janeiro, III ELAM, IMPA, 1976.
3. Rodriguez, L.: Geometria das Subvariedades. Rio de Janeiro, Monografias de Matemática, IMPA, 1976.
4. Spivak, M.: A Comprehensive Introduction to Differential Geometry, Berkeley, Publish or Perish, 1970-75.
5. Xin, Y.: Minimal Submanifolds and Related Topics. World Scientific 2003.

Análise Geométrica: Teoremas de comparação: Teoremas de comparação de campos de Rauch, de Toponogov, de Bishop-Gromov, teorema de comparação do hessiano e do laplaciano, teorema de comparação de autovalores e teorema de comparação de Cheng. Estimativas de autovalor para o operador Laplaciano. Tópicos de análise em variedades.

Bibliografia:

1. Cheeger, J., Ebin, D.G.: Comparison Theorems in Riemannian Geometry, North Holland, Amsterdam, 1975.
2. Grigoryan, A.: Heat Kernel and Analysis on Manifolds, AMS/IP studies in advanced mathematics, 2009.
3. Jost, J.: Riemannian Geometry and Geometric Analysis. Universitext, Springer, 2011.
4. Li, P.: Geometric Analysis. Cambridge Studies in Advanced Mathematics-vol. 134, Cambridge University Press, 2012.
5. O'Neill, B.: Semi-Riemannian Geometry with applications to relativity, academic Press, 1983.
6. Petersen, P.: Riemannian Geometry. Springer, 2ª edição, 2006. (Graduate Texts in Mathematics).
7. Pigola, P., Rigoli, M. and Setti, A.G.: Vanishing and Finiteness Results in Geometric Analysis. Birkhauser Verlag, 2008.
8. Schoen, R., Yau, S.-T.: Lectures on Differential Geometry. Conference Proceedings and Lecture Notes in Geometry and Topology-Vol 1, International Press, 1994.

9. Struwe, M.: Variational Methods, Applications to Nonlinear Partial Differential Equations and Hamiltonian Systems, vol 34. Springer, 1996.

Teoria Ergódica: Teorema de Recorrência de Poincaré e teorema ergódico de Birkhoff. Existência de medidas invariantes para transformações contínuas. Transformações ergódicas e misturadoras. Transformações unicamente ergódicas. Decomposição ergódica de medidas invariantes. Entropias

Bibliografia:

1. Katok, A., Hasselblat, B.: Introduction to Modern Theory of Dynamical Systems. Cambridge, 1995.
2. Mañé, R.: Ergodic Theory and Differentiable Dynamics. Berlin, Springer-Verlag, 1987.
3. Oliveira, K., Viana, M.: Fundamentos da Teoria Ergódica, 1ª edição, Rio de Janeiro, 2014.
4. Walters, P.: Introduction to Ergodic Theory. Springer-Verlag, USA, 2000.

Topologia Geral: Espaços topológicos e funções contínuas. Conexidade e compacidade. Enumerabilidade e axiomas de separação. Teorema de Tychonoff. Espaços metrizável e paracompacidade. Espaço métrico completo e Espaço de funções. Espaços de Baire e teoria das dimensões. Grupo Fundamental. Teorema de Seifert-Kampen. Espaços de recobrimento. Homologia.

Bibliografia:

1. Bredon, G.: Topology and Geometry. Springer. 1993.
2. Lee, J.: An Introduction to Topological Manifolds. Springer. 2011.
3. Lima, E.: Espaços de Recobrimento. Projeto Euclides. IMPA - Brasil.
4. Lima, E.: Elementos de topologia geral. Textos Universitários. Editora SBM. 4ª edição, 2024
5. Munkres, J.: Topology. Springer. Second edition. 2014.

Topologia Algébrica: Grupo fundamental. Espaços de recobrimento. CW-Complexos. Homologia singular. Axiomas de Eilenberg-Steenrod. Sequências de Mayer-Vietores. Aplicações: Teorema da Invariância de dimensão; Teorema da separação de Jordan generalizado. Homologia de uma variedade. Característica de Euler. Cohomologia.

Bibliografia:

1. Hatcher, Allen.: Algebraic Topology. Cambridge University Press. 2002.
2. Lee, John.: Introduction to Topological Manifolds. Graduate Texts in Mathematics. Springer. 2000.
3. Mercuri, Francesco; Piccione, Paolo e Tausk, Daniel, V.: Notes on Morse Theory. 23º Colóquio Brasileiro de Matemática. Rio de Janeiro. IMPA. 2001.
4. Pitombeira, João Bosco.: Topologia Algébrica. 8º Colóquio Brasileiro de Matemática. Rio de Janeiro. IMPA. 1971.

Subvariedades Mínimas: Subvariedades mínimas de uma variedade Riemanniana como pontos críticos do funcional volume. Fórmulas da primeira e segunda variação do volume.

Exemplos clássicos em formas espaciais e variedades Kähler. Estabilidade e estimativas de curvatura de Schoen e Colding-Minicozzi. Aplicações para a compacidade de famílias de superfícies mínimas estáveis. Teoria global de superfícies mínimas em 3-variedades homogêneas. Outros tópicos.

Bibliografia:

1. Colding, T. e Minicozzi, W.P.: An Excursion into Geometric Analysis, Surveys in Differential Geometry, International Press, 2004.
2. Fang, Y.: Lectures on Minimal Surfaces in R^3 , Proceedings of the Centre for Mathematics and its Applications, Australian National University, volume 35, 1996.
3. Lawson, B.: Lectures on Minimal Submanifolds, Berkeley, Publish or Perish, 1980.
4. Osserman, R.: A Survey of Minimal Submanifolds, 1st ed., New York, Van Nostrand, 1969. New York, 2nd ed., Dover Publ, 1988.

Tópicos de Geometria Diferencial: Geometria de fibrados principais e vetoriais. Conexão, curvatura e paralelismo em fibrados; Tensores e espinores. Operadores diferenciais elípticos em variedades. Espaços funcionais; Elipticidade; Operadores de Laplace e Dirac. Método de Bochner. Problemas variacionais e equações elípticas semi-lineares e quase-lineares. Aplicações harmônicas; Subvariedades mínimas; Ação de Einstein-Hilbert; O funcional de Yamabe. Equações parabólicas em variedades. Equação e núcleo do calor; Fluxos geométricos: fluxo pela curvatura média, fluxo de Ricci.

Bibliografia:

1. Aubin, T.: Some nonlinear problems in Riemannian geometry, Springer-Verlag, Heildelberg, 1999.
2. Chow, Lu e Ni.: Hamilton's Ricci Flow, AMS, Providence, 2004.
3. Grigoryan, A.: Heat Kernel and Analysis on Manifolds, AMS/IP studies in advanced mathematics, 2009.
4. Neto, A.: Tópicos de Geometria Diferencial, SBM, 2014.
5. Petersen, P.: Riemannian geometry, Springer-Verlag, New York, 1996.
6. Schoen, R. e Yau, S.-T.: Lectures in differential geometry, International Pres, 1999.

Tópicos de Geometria I: Tópicos avançados escolhidos pelo professor responsável pela disciplina. O conteúdo é variável e abrange resultados de pesquisas recentes.

Bibliografia:

1. Escolha do professor responsável pela disciplina.

Tópicos de Geometria II: Tópicos avançados escolhidos pelo professor responsável pela disciplina. O conteúdo é variável e abrange resultados de pesquisas recentes.

Bibliografia:

1. Escolha do professor responsável pela disciplina.

Seminário de Geometria I: Tópicos avançados escolhidos pelo professor responsável pela disciplina. O conteúdo é variável e abrange resultados de pesquisas recentes.

Bibliografia:

1. Escolha do professor responsável pela disciplina.

Seminário de Análise Geometria II: Tópicos avançados escolhidos pelo professor responsável pela disciplina. O conteúdo é variável e abrange resultados de pesquisas recentes.

Bibliografia:

1. Escolha do professor responsável pela disciplina.

MATEMÁTICA APLICADA

Álgebra Linear Computacional: Análise matricial. Decomposição em valores singulares. Sensibilidade de sistemas de equações lineares. Decomposição QR. Métodos para problemas de quadrados mínimos lineares. Análise de sensibilidade. Métodos iterativos clássicos para sistemas lineares. Introdução a Métodos baseados em subespaços de Krylon.

Bibliografia:

1. Bhatia, R.: Matrix analysis. New York: Springer, 1996.
2. Demmel, J. W.: Applied Numerical Linear Algebra. Philadelphia: SIAM, 1997.
3. Golub, G. H.; Van Loan, C. F.: Matrix computations. 3rd. Ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1996.
4. Greenbaum, A.: Iterative Methods for Solving Linear Systems. Philadelphia: SIAM, 1997.
5. Horn, R. A.; Johnson, C. R.: Matrix analysis. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
6. Meyer, C. D.: Matrix analysis and applied linear algebra. Philadelphia: SIAM, 2000.
7. Trefethen, L. N.; Bau, D.: Numerical Linear Algebra. Philadelphia: SIAM, 1997.
8. Wathins, D. S.: Fundamentals of matrix computations. New York: J. Wiley, 1991.

Análise Convexa: Conjuntos e funções convexas: Preliminares, Conjuntos convexas, Funções convexas, Interiores Relativos de Conjuntos Convexos, Função distância. Subdiferencial: Separação convexas, Cone normal de conjunto convexas, Lipschitz Continuidade de funções convexas, Subgradiente de funções convexas, Regras básicas de cálculo do subdiferencial, Subgradiente de funções suporte e função supremo, Função conjugada de Fenchel, Derivadas direcionais. Consequências notáveis de Convexidade: Caracterização da diferenciabilidade, Teorema de Carathéodory e Lema de Farkas, Teorema de Radon e Teorema de Helly, Cone tangente de conjunto convexas. Aplicações à Otimização: Existência de minimizadores em problemas de otimização, Condições de otimalidade, Subgradiente e Proximal método, O Problema de Fermat-Torricelli.

Bibliografia:

1. Borwein, J. M.; Vanderwerff, D. – Convex functions: constructions, characterizations and counterexamples. Encyclopedia of mathematics, Cambridge, 2009.
2. Ekeland, I.; Témam, R; Convex Analysis and Variational Problems, Classics in applied mathematics, SIAM, 1999.
3. Florenzano, M.; Le Van, C.; Finite Dimensional Convexity and Optimization. Springer, 2001.
4. Rockafellar, T.; Convex Analysis, Princeton University Press, 1972.
5. Van Tiel, J.; Convex Analysis, Na Introduction Test, John Wiley & Sons, 1984.

Análise Numérica: Introdução à Teoria dos Erros. Raízes de Equações não Lineares. Interpolação Polinomial. Derivação e Integração Numérica. Equações Diferenciais Ordinárias de Primeira Ordem.

Bibliografia:

1. Atkinson, K. E.: An Introduction to Numerical Analysis, 2nd edition. Wiley. 1989.
2. Campos Filho, F. F.; Algoritmos Numéricos, 2ª. Edição. Editora LTC. 2007.
3. Forberg, Carl-Erik. Introduction to numerical analysis. Reading: Addison Wesley, 1966.
4. Penny, John. Numerical methods using MATLAB. New York. Ellis Horwood, 1995.
5. Stoer, J. and Bulirsch, R.; Introduction to Numerical Analysis. Springer-Verlag. 2002.

Biomatemática: Modelos populacionais Contínuo para espécies isoladas. Modelo populacional discreto para espécies isoladas. Modelos de interação entre espécies. Formação padrão espacial com sistemas de difusão de Reação.

Bibliografia:

1. Murray, J. D.: Mathematical Biology, Vol 1. Springer, 2002.
2. Murray, J. D.: Mathematical Biology, Vol 2. Springer, 2004.
3. Edelstein-Keshet, L.: Mathematical Models in Biology, SIAM Classics in Applied Mathematics 46, 2005.

Lógica Fuzzy: Conjuntos Fuzzy. Relações Fuzzy. Lógica Fuzzy. Aplicações.

Bibliografia:

1. Barros, L.C. e Bassanezi, R.: Tópicos de Lógica Fuzzy e Biomatemática. Editora do IMECC-UNICAMP, 2006.
2. Kaufmann, A.: Introduction a la Theorie des Sous-ensembles Flous. Masson et Cie, Grenoble, 1973.
3. Klement, E.P.: Some mathematical aspects of fuzzy sets: triangular norms, fuzzy logics and generalized measures. Fuzzy Sets and Systems, 90(2): 133-140, september 1997.
4. Klir, G. J., Clair, U. H. S. and Yuan, B.: Fuzzy Set Theory, foundations and applications. Prentice-Hall, Upper Saddle River, 1997.
5. Nguyen, H. T. and Walker, E. A.: A First Course in Fuzzy Logic. CRC Press, Boca Raton, 1997.

Programação Linear: Modelos de programação linear. Geometria da programação linear. O método simplex. Dualidade em programação linear. O método dual simplex. Métodos clássicos de pontos interiores. Métodos primal-dual de pontos interiores. Implementações de algoritmos.

Bibliografia:

1. Bazaraa, M. S.; Jarvis, J.J. and Sherali, H. D.: Linear Programming and Network Flows. New York: John Wiley & Sons, 2nd edition, 1990.
2. Fampa, M.C.H. and Maculan, N.: Otimização linear. Brasília: Editora da UnB. 2006.
3. Fang, S.-C and Puthenpura, S.: Linear Optimizations and Extensions: Theory and Algorithms. New Jersey: AT&T, Prentice Hall.
4. Frederick S. Hillier and Gerald J. Lieberman: Introdução à Pesquisa Operacional, 8ª Ed., McGraw-Hill do Brasil, 2010.
5. Gill, P. E.; W. Murray, W. and Wright, M. H.: Practical Optimization. New York: Academic Press, 1981.
6. Luenberger, D. G.: Linear and Nonlinear Programming. New York: Kluwer Academic, 2nd edition, 2003. ISBN 1402075936.
7. Winston, W. L.: Operations Research: Applications and Algorithms, 4 ed., Duxbury Press, 2003.
8. Wright, S. J.: Primal-Dual Interior-Point Methods, Philadelphia: SIAM, 1997, pp. 289. ISBN 0-89871-382-X.

Elementos de Otimização: Introdução à otimização, Condições de otimalidade sem restrições, condições de otimalidade com restrições para problemas com restrição de Igualdade, Condições de Otimalidade de primeira e segunda ordem, Conjuntos convexos e propriedades, Teorema de separação, operador de projeção, pontos extremos, teoremas de alternativas, funções convexas e propriedades, funções convexas diferenciáveis e não diferenciáveis.

Bibliografia:

1. Ademir A. Ribeiro, Elizabeth W. Karas. Otimização Contínua: Aspectos Teóricos e Computacionais. Cengage Learning, 2013.
2. Izmailov, A. and Solodov, M.: Otimização, volume 1. Condições de otimalidade, elementos de análise convexa e dualidade. 2. ed. Rio de Janeiro, IMPA, 2009.
3. Rockafellar, R.T.: Convex Analysis. Princeton Univ. Press, 1970.

Otimização II: Métodos para otimização com restrições (métodos do gradiente projetado, métodos de direções viáveis, métodos de penalização, Lagrangianas aumentadas, programação quadrática sequencial). Métodos para otimização não-diferenciável (métodos de subgradiente, o método de planos cortantes, métodos de feixe)

Bibliografia:

1. Bazaraa, M.S.; Sherali, H. D. and Shwttty, C. M.: Nonlinear programming: Theory and algorithms. 3nd ed. Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Hoboken, Nj, 2006.
2. Bertsekas, D. P.: Nonlinear programming, Belmont, Mass.: Athena Scientific, 1995.
3. Izmailov, A. and Solodov, M.: Otimização, volume 1. Condições de otimalidade, elementos de análise convexa e dualidade. 2. ed. Rio de Janeiro, IMPA, 2009.

4. Izmailov, A. and Solodov, M.: Otimização, volume 2. Métodos Computacionais. 3.ed. Rio de Janeiro, IMPA, 2018.
5. Luenberger, D. G.: Linear and nonlinear programming. 2nd ed. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 2003.
6. Peressini, A. L.; Sullivan, F.E and UHL, J.J., JR: The mathematics of nonlinear programming. Undergraduate Texts in Mathematics. Springer-Verlag, New York, 1988
7. Rockafellar, R.T.: Convex Analysis. Princeton Univ. Press, 1970.

Otimização Vetorial: Espaços lineares e conjunto convexos, espaços lineares parcialmente ordenados, análise em cones. Pontos eficientes e minimização vetorial. Aplicações convexas e aplicações diferenciáveis. Problemas de otimização vetorial não diferenciável. Escalarização: condições necessárias e suficientes de otimalidade. Teoremas de existência. Multiplicadores de Lagrange generalizados. Dualidade. Algoritmos de minimização em otimização vetorial.

Bibliografia:

1. Jahn, J.: Vector optimization: Theory, applications and extensions. 2nd ed. Springer, New York, 2011.
2. Luc, D.T.: Theory of vector optimization, Springer, Berlin, 1989.

Tópicos de Otimização: Tópicos avançados de Otimização escolhidos pelo professor responsável pela disciplina. O conteúdo é variável e abrange resultados de pesquisas recentes.

Bibliografia:

1. Escolha do professor responsável pela disciplina.

Tópicos de Matemática Aplicada: Tópicos avançados escolhidos pelo professor responsável pela disciplina. O conteúdo é variável e abrange resultados de pesquisas recentes.

Bibliografia:

1. Escolha do professor responsável pela disciplina.

Seminário de Otimização: Tópicos avançados escolhidos pelo professor responsável pela disciplina. O conteúdo é variável e abrange resultados de pesquisas recentes.

Bibliografia:

1. Escolha do professor responsável pela disciplina.

Seminário de Matemática Aplicada: Tópicos avançados escolhidos pelo professor responsável pela disciplina. O conteúdo é variável e abrange resultados de pesquisas recentes.

Bibliografia:

1. Escolha do professor responsável pela disciplina.

Introdução à Teoria da Regularização: Exemplos clássicos e modelagem. Definição de Método de regularização. Métodos de regularização contínuos. Regularização de Tikhonov (Operadores lineares, Operadores não lineares).

Bibliografia:

1. Engl, H. W.; Hanke, M.; Neubauer, A.: Regularization of inverse problems. Kluwer, Dordrecht, 1996.
2. Groetsch, C.: The theory of Tikhonov regularization for Fredholm equations of the first kind. Pitman, Boston, MA, 1984.
3. Groetsch, C.: Generalized inverses of linear operators: representation and
4. approximation. Marcel Dekker, New York, 1977.
5. Groetsch, C.: Elements of applicable functional analysis. Marcel Dekker, Inc., New York, 1980.
6. Groetsch, C.: Stable approximate evaluation of unbounded operators. Springer-Verlag, Berlin, 2007.
7. Kirsch, A.: An introduction to the mathematical theory of inverse problems. Springer-Verlag, New York, 1996.
8. Kreyszig, E.: Introductory functional analysis with applications. John Wiley & Sons, New York, 1989
9. Schuster, T.; Kaltenbacher, B.; Hofmann, B.; Kazimierski, K.: Regularization methods in Banach spaces. Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, Berlin, 2012.

Métodos em Otimização Convexa e não Convexa: Algoritmos para otimização convexa: Otimização diferenciável: método de gradiente composto, método de Nesterov e suas variants, Otimização não-diferenciável: métodos de subgradiente e extensões para problemas mix-max, Otimização estocástica: versão estocástica dos métodos de subgradiente e proximal, Métodos acelerados de Nesterov, Métodos de gradiente randomizado de Nesterov para problemas estruturados em blocos. Algoritmos para desigualdades variacionais monótonos, problemas de ponto de sela min-max e problemas de inclusão monótono: Método de ponto proximal, Métodos MFBS de Korpelevich e Tseng, e Forward-Backward, Métodos de decomposição em blocos, ADMM (método de multiplicadores de direção alternada), Métodos de ponto proximal de segunda ordem. Algoritmos para problemas de otimização não convexa: Método de gradiente acelerado (AG), Métodos de ponto proximal inexato, Métodos de Lagrangiano aumentado para problemas com restrições convexas, ADMM (método de multiplicadores de direção alternada).

Bibliografia:

1. Bauschke, H, Z. and Combettes, P. L., Convex Analysis and Monotone Operator Theory in Hilbert Spaces, CMS Books in Mathematics, Springer, 2011.
2. Beck, A. First-Order Methods in Optimization, vol. 25, SIAM, Philadelphia, 2017.
3. Hiriart-Urruty, J. B and Lemaréchal, C. Convex Analysis and Minimization Algorithms II, Advanced Theory and Bundle Methods, Springer, Berlin, 1993.
4. Nesterov, Yurii. Lectures on Convex Optimization, Springer Optimization and Its Applications, volume 137, 2nd edition, 2018.
5. Nesterov, Yurii. Introductory Lectures on Convex Optimization: A basic course, vol. 87. Springer Science & Business Media, NYC, 2013.