



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA

PPGGG0053 – CURSO ESPECIAL: MINERAIS PESADOS

Carga Horária Total: 30h

Créditos: 2

Professor (a): Ana Maria Góes

Local: Laboratório de Microscopia Óptica ou sala do Grupo de Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, UFPA, Belém, Pa

Período: 5 dias a combinar (veja email)

Horário: 9 às 12 hs; 14:30-18 hs. Carga horária total: 32 horas

Metas: capacitar o aluno a realizar análises de minerais pesados transparentes não micáceos ao microscópio petrográfico, com ênfase à diagnose de espécimes dos principais minerais pesados; apresentar ao aluno exemplos de interpretação de resultados analíticos e o uso desses dados para solução de problemas geológicos relacionados à correlação estratigráfica e à proveniência

Objetivo: O curso visa à apresentação e ao treinamento em técnicas de preparação, descrição e identificação de minerais pesados em grãos, com ênfase aos recursos analíticos oferecidos pela microscopia óptica petrográfica e a suas aplicações em estudos de proveniência, dinâmica sedimentar, história diagenética, correlação estratigráfica e contexto tectônico. Contempla aulas teóricas e práticas incluídas em dois módulos desenvolvidos em paralelo: com treinamento na identificação dos principais minerais pesados e exemplos de utilização em estudos acadêmicos e aplicados. A disciplina tem também como objetivo dar subsídios para separação e montagem de lâminas de grãos.

Métodos e técnicas didáticas:

1. Aulas expositivas interativas, baseadas no exame de fotomicrografias projetadas em diapositivos, apresentando as propriedades diagnósticas e as possíveis rochas fontes de cada mineral.
2. Estudo dirigido de identificação prática em lâmina dos minerais apresentados.
3. Desenvolvimento de trabalhos com temas de aplicação de minerais pesados ou em outro tema relacionado a minerais pesados de interesse do estudante.

Programa:

Módulo I.

- 1: Introdução ao uso do microscópio petrográfico para identificação de minerais com base nas propriedades óticas.
- 2: Princípios de descrição e identificação de minerais pesados em grãos ao microscópio petrográfico
 - 2a. Elementos diagnósticos de minerais pesados ultraestáveis.
 - 2b. Elementos diagnósticos de minerais pesados estáveis.
 - 2c. Elementos diagnósticos de minerais pesados moderadamente estáveis.
 - 2d. Elementos diagnósticos de minerais pesados instáveis e muito instáveis.

Módulo II.

- 1: Uso de minerais pesados em estudos acadêmicos e aplicados.
- 2: Dúvidas referentes ao tema relacionados aos seminários de cada dupla.

III. Exemplos de Temas de trabalhos:

Ana Maria Góes email goes@igc.usp.br

1. Minerais pesados em estudos de proveniência
2. Exemplos de uso de minerais pesados em estudos de proveniência
3. O uso de minerais pesados na inferência de rumos de transporte.
4. Química mineral para definição de assinaturas genéticas em minerais pesados
5. Estudo de variedades em minerais pesados, com ênfase forma arredondamento e cor.
6. Técnicas de análise de minerais pesados.

Bibliografia básica

- Coutinho, J.M.V. & Coimbra, A.M. 2005. *Tabela de identificação Óptica de Minerais Transparentes em Sedimentos*. Curitiba/São Paulo, UFPR/USP. 17p. (inédicta, revisão de Fernandes *et. al.* a partir de versão dos autores de 1995).
- Mange, M.A. & Maurer, H.F.W. 1992. *Heavy Minerals in Colour*. London, Chapman & Hall. 147p (atlas de minerais pesados).
- Morton A.C. & Hallsworth C. 1994. Identifying provenience-specific features of detrital heavy mineral assemblages in sandstones. *Sedimentary Geology*, **90**:241-256.
- Morton A.C. & Hallsworth C. 1999. Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones. *Sedimentary Geology*, **124**:3-29.
- Parfenoff, A.; Pomerol, C.; Tourenq, J. 1970. *Les Minéraux en Grains: Methods d'étude et Determination*. Paris, Masson. 571p (métodos de separação e identificação de minerais leves e pesados, em grãos).

Bibliografia complementar:

- Cardona, J.P.M.; Mas J.M.G.; Bellón A.S.; Domínguez-Bella S.; López J.M. 2005. Surface textures of heavy-mineral grains: a new contribution to provenance studies. *Sedimentary Geology*, **174**:223-235.
- Coutinho, J.M.V. 1974a. O pré-Cambriano no vale do rio Doce como fonte alimentadora de sedimentos costeiros. In: Congresso Brasileiro de Geologia, XXVIII. Porto Alegre, Anais, v.1:43-56.
- Coutinho, J.M.V. 1974b. Os minerais pesados de areia na foz do rio Doce. In: Congresso Brasileiro de Geologia, XXVIII. Porto Alegre, Anais, v.1:61-77.
- Coutinho, J.M.V. & Coimbra, A.M. 1974. Os pesados do Barreiras na costa oriental brasileira: estudo de áreas-fonte. In: Congresso Brasileiro de Geologia, XXVIII. Porto Alegre, Anais, v.1:27-41.
- Dabard, M.P.; Loi, A.; Peucat, J.J. 1996. Zircon typology combined with Sm-Nd whole-rock isotope analysis to study Brioverian sediments from the Armorican Massif. *Sedimentary Geology*, **101**:243-260.
- Dickinson W.R. 1988. Provenance and sediment dispersal in relation to paleotectonics and paleogeography of sedimentary basins. In: Kleinspehn K.L. & Paola C. (eds). *Frontiers in Sedimentary Geology, New Perspectives in Basin Analysis*, Springer-Verlag, New York, 3-25.
- Dietz, V. 1973. Experiments on the influence of transport on shape and roundness of heavy minerals. *Contributions to Sedimentology*, **1**:103-125.
- Dill, H.G. 1995. Heavy mineral response to the progradation of an alluvial fan: implications concerning unroofing of source area, chemical weathering and palaeo-relief, Upper Cretaceous Parkstein fan complex, SE Germany. *Sedimentary Geology*, **95**:39-56.
- Dill, H.G. 1998. A review of heavy minerals in clastic sediments with case studies from the alluvial-fan through the nearshore-marine environments. *Earth-Science Reviews*, **45**:103-132.
- Ehrman, W. & Polozek, K. 1999. The heavy mineral record in the Pliocene to Quaternary sediments of the CIROS-2 drill core, McMurdo Sound, Antarctica. *Sedimentary Geology*, **128**:223-244.
- Evans, J.A.; Stone, P.; Flyd, J.D. 1991. Isotopic characteristic of Ordovician greywacke provenance in the southern uplands of Scotland. In: Morton, A.C.; Tood, S.P.; Haughton, P.D.W. (eds.). *Developments in Sedimentary Provenance Studies*. Published by The Geological Society: 161-172.
- Flores, R.M. & Shideler, G.L. 1978. Factors controlling heavy mineral variations on the south Texas outer continental shelf. *Journal of Sedimentary Petrology*, **48**:269-280.
- Fontana D.; Zuffa G.G.; Garzanti E. 1989. The interaction of eustasy and tectonism from provenance studies of the Eocene Hecho Group Turbidites (South-Central Pyrenees, Spain): *Basin Research*, **2**:223-237.
- Haughton, P.D.W.; Tood, S.P.; Morton, A.C. 1991. Sedimentary provenance studies. In: A.C. Morton, S.P. Tood, P.D.W. Haughton (eds.). *Developments in Sedimentary Provenance Studies*. Published by The Geological Society, 1-11.
- Hubert J.F. 1962. A zircon-tourmaline-rutile maturity index and the interdependence of the composition of heavy mineral assemblages with the cross composition and texture of sandstones. *Journal of Sedimentary Petrology*, **32**(3):440-450.
- Komar, P.D.; Wang, C. 1984. Processes of selective grain transport and the formation of placers on beach. *Journal of Geology*, **92**: 637-655.

- Krynine P. D. 1942. Provenance versus mineral stability as a controlling factor in the composition of sediments (abs.), *Geological Society of America Bulletin*, 53:1850-1851.
- Krynine P.D. 1946. The tourmaline group in sediments. *The Journal of Geology*, 54: 65-87.
- Li R.; Lib S.; Jin F.; Wan Y.; Zhang S. 2004. Provenance of Carboniferous sedimentary rocks in the northern margin of Dabie Mountains, central China and the tectonic significance: constraints from trace elements, mineral chemistry and SHRIMP dating of zircons. *Sedimentary Geology*, 166: 245-264.
- Lihou J. & Mange-Rajetzky M.A. 1996. Provenance of the Sardona Flysh, eastern Swiss Alps: example of high-resolution heavy mineral analysis applied to an ultrastable assemblage. *Sedimentary Petrology*, 105:141-157.
- Loi, A. & Dabard, M.P. 1997. Zircon typology and geochemistry in the palaeogeographic reconstruction of the Late Ordovician of Sardinia (Italy). *Sedimentary Geology*, 112:263-279.
- Margolis S. & Krinsley D. 1974. Processes of formation and environmental occurrence of microfeatures on detrital grains. *American Journal Science*, 274:449-464.
- Morton, A.C. 1991. Geochemical studies of detrital heavy minerals and their application to provenance research. In: Morton, A.C., Tood, S.P., Haughton, P.D.W. (eds.). *Developments in Sedimentary Provenance Studies*. Geol. Soc., 31-45.
- Morton A.C. 1985. Heavy minerals in provenance studies. In: Zuffa, G.G.(ed.). *Provenance of Arenites*. Reidel, Dordrecht, 249-277.
- Morton, A.C., Todd, S.P.; Haughton P.D.W. 1991. *Developments in sedimentary provenance studies*, Geol. Soc. London, Special Publication, 57. 370p.
- Peterson, C.D.; Komar, P.D.; Schneidegger, K.F. 1986. Distribution, geometry and origin of heavy mineral placer deposits on Oregon beach. *Journal of Sedimentary Petrology*, 56:67-77.
- Reaside, J.D. 1959. Stability of index minerals in soils with particular reference to quartz, zircon and garnet. *Journal of Sedimentary Petrology*, 29:493-509.
- Sircombe, K.N. 1999. Tracing provenance through the isotopic ages of littoral and sedimentary detrital zircons, eastern Australia. *Sedimentary Geology*, 124: 47-67.
- Slingerland, R.L. 1977. The effect of entrainment on the hydraulic equivalence relationships of light and heavy minerals in sands. *Journal of Sedimentary Petrology*, 47:753-770.
- Ugidos, J.M.; Armenteros, I.; Barba, P.; Valladares, M.I.; Colmenero, J.R. 1997. Geochemistry and petrology of recycled orogen-derived sediments: a case study from Upper Precambrian siliciclastic rocks of the Central Iberian Zone, Iberian Massif, Spain. *Precambrian Res.*, 84:163-180.
- Vaughn Barrie, J.; Emory-Moor, M. 1994. Development of marine placers, northeastern Queen Charlotte Islands, British Columbia, Canada. *Marine Georesources and Geotechnology*, 12: 143-158.
- von Eynatten, H., Gaupp, H., 1999. Provenance of cretaceous synorogenic sandstones in the Eastern Alps: constraints from framework petrography, heavy mineral analysis and mineral chemistry. *Sedimentary Geology*, 124:81-111.
- Weltje G.J. & von Eynatten H. 2004. Quantitative provenance analysis of sediments: review and outlook. *Sedimentary Geology*, 171:1-11.

Zircão

- Caironi, V.; Garzanti, E.; Sciunnach, D. 1996. Typology of detrital zircon as a key to unraveling provenance in rift siliciclastic sequences (Permo-Carboniferous of Spiti, N India). *Geodinamica Acta*, 9: 101-113.
- Corfu F.; Hanchar J.M.; Hoskin P.W.O.; Kinny P. 2003. Atlas of zircon textures. In: Hanchar, J.M. & Hoskin, P.W.O.(eds). *Reviews in mineralogy & geochemistry*, 53, Mineralogical Society of America and Geochemical Society, pp:469-500.
- Dabard, M.P.; Loi, A.; Peucat, J.J. 1996. Zircon typology combined with Sm-Nd whole-rock isotope analysis to study Brioverian sediments from the Armorican Massif. *Sedimentary Geology*, 101: 243-260.
- Dickinson, W.R., Gehrels, G.E., 2003. U-Pb ages of detrital zircons from Permian and Jurassic eolian sandstones of the Colorado Plateau, USA: paleogeographic implications. *Sedimentary Geology*, 163: 29-66.

- Dodson, M.H., Compston, W., Williams, I.S., Wilson, J.F., 1988. A search for ancient detrital zircons in Zimbabwean sediments. *J. Geol. Sc. London* 145, 977-983.
- Eriksson, K.A., Campbell, I.H., Palin, J.M., Allen, C.M., 2003. Predominance of Grenville magmatism recorded in detrital zircons from modern Appalachian rivers. *Journal of Geology*, 111: 707–717.
- Kober, B., 1987. Single grain evaporation combined with Pb + emitter bedding for 207Pb/206Pb investigations using thermal ion mass spectrometry, and implications for zirconology. *Contrib. Mineral. Petrol.* 96, 63–71.
- Klötzli, U.S., 1999. Th/U zonation in zircon derived from evaporation analysis: a model and its implications. *Chem. Geol.* 158, 325-333.
- Kober, B., 1986. Whole-grain evaporation for 207Pb/206Pb-age investigations on single zircons using a double-filament source. *Cont. Mineral. Petrol.* 93, 482–490.
- Kober, B., 1987. Single grain evaporation combined with Pb + emitter bedding for 207Pb/206Pb investigations using thermal ion mass spectrometry, and implications for zirconology. *Cont. Mineral. Petrol.* 96, 63–71.
- Loi, A.; Dabard, M.P. 1997. Zircon typology and geochemistry in the palaeogeographic reconstruction of the Late Ordovician of Sardinia (Italy). *Sedimentary Geology*, 112: 263-279.
- Morton A.C.; Claoué-Long J.C.; Berge C. 1996. SHRIMP constraints on sediment provenance and transport history in the Mesozoic Staffjord Formation, North Sea. *Journal of the Geological Society London*, 153: 915-929.
- Morton, A.C.; Whitham, A.G.; Fanning, C.M. 2005. Provenance of Late Cretaceous-Paleocene submarine fan sandstones in the Norwegian Sea: integration of heavy mineral, mineral chemical and zircon age data. *Sedimentary Geology*, 182: 3–28.
- Owen, M.R., 1987. Hafnium content of detrital zircons, a new tool for provenance study. *J. Sed. Petrol.* 57(5):824-830.
- Pell, S.D., Williams, I.S., Chivas, A.R., 1997. The use of protolith zircon-age fingerprints in determining the protosource areas for some Australian dune sands. *Sedimentary Geology*, 109: 233–260.
- Pupin J.P. 1980. Zircon and granite petrology. *Contribution to mineralogy and petrology*, 73: 207-220.
- Speer, J.A. 1980. Zircon. In: P.H. Ribbe (ed.). *Orthosilicates*. Washington DC: Miner. Soc. Am. 67-112 (Reviews in mineralogy, 5).
- Sircombe, K.N., 1999. Tracing provenance through the isotopic ages of littoral and sedimentary detrital zircons, eastern Australia. *Sedimentary Geology*, 124: 47–67.
- Schäfer, J.; Dörr, W. 1997. Heavy mineral analysis and typology of detrital zircons: a new approach to provenance study (Saxothuringian Flysch, Germany). *Journal of Sedimentary Research*, 67(3): 451-461.

Turmalina

- Gautier, D.L. 1979. Preliminary report of authigenic, euhedral tourmaline crystals in a productive gas reservoir of the Tiger Ridge Field, north-central Montana. *Journal of Sedimentary Petrology*, 49:911-916.
- Henry D.J. & Guidotti C.V. 1985. Tourmaline as a petrogenetic indicator mineral: an example from the staurolite-grade metapelites of NW Maine. *American Mineralogist*, 70: 1-15.
- Krynine P.D. 1946. The tourmaline group in sediments. *The Journal of Geology*, 54: 65-87.
- Lihou J. & Mange-Rajetzky M.A. 1996. Provenance of the Sardona Flysch, eastern Swiss Alps: example of high-resolution heavy mineral analysis applied to an ultrastable assemblage. *Sedimentary Petrology*, 105:141-157.

Minerais opacos

- Grigsby, J.D. 1990. Chemical fingerprint of detrital ilmenite: a alternative in provenance research. *Journal of Sedimentary Petrology*, 62:331-337.