

**Programa de Pós-Graduação em Geologia**  
**Teses Defendidas - Doutorado**

Nome: Sílvia Regina de Medeiros

Orientador: Cristina Maria Wiedemann

Título: **Estudo Mineralógico, Petrológico, Geoquímico e Isotópico do Complexo Intrusivo de Várzea Alegre - ES**

**Resumo:**

O Complexo Intrusivo de Várzea Alegre é um exemplo de magmatismo bimodal, tardi a pós-tectônico do Cinturão Móvel Costeiro, aflorante na porção centro-sul do Espírito Santo. O complexo intrusivo compreende um anel externo charno-enderbítico que intrude rochas metamórficas de fácies anfíbolito alto a granulito, e é intrudido por duas séries cálcio-alcalinas distintas: uma de médio-K, representada por Opx-gabros, monzogabros, quartzo-dioritos, quartzo-monzodioritos e outra de alto-K, representada por rochas graníticas megaporfíricas. O complexo possui em mapa forma circular, com os sucessivos magmatitos que o compõem se distribuindo de forma aproximadamente concêntrica às rochas gabróicas que afloram na sua porção central (Medeiros, 1993). O contato entre os litotipos de composição quartzo-diorítica a quartzo-monzodiorítica e o granito megaporfírico do domínio interno se dá através de zonas de estrutura em rede e/ou schlieren caracterizando zonas de mingling, com diferentes graduações/proporções dos litotipos envolvidos. Os charno-enderbitos (hiperstênio-quartzo-dioritos a monzonitos) representam um primeiro pulso magmático solidificado sob baixa pressão de H<sub>2</sub>O e alta pressão de CO<sub>2</sub> (Mendes, 1996, 1997). São rochas megaporfíricas, de cor verde, que exibem foliação bem desenvolvida próxima aos contatos tanto com as encaixantes regionais, quanto com litotipos do domínio interno. Possuem como minerais principais plagioclásio (An<sub>32</sub> e An<sub>40</sub>), álcali-feldspato perítico/mesoperítico, ortopiroxênio, biotita, hornblenda e em menor proporção ilmenita, magnetita, pirita, apatita, e zircão. Os litotipos básicos (Opx-gabros e monzogabros) são os que apresentam maior proporção modal de piroxênios. Grãos

de ortopiroxênio (hiperstênio) exibem lamelas de clinopiroxênio (salita/augita) e vice-versa, e são parcialmente substituídos por anfibólio e biotita. Nas rochas intermediárias exsolução e substituição em piroxênios são ausentes. Os ortopiroxênios variam do hiperstênio ao ferrohiperstênio e salita é a composição do clinopiroxênio. Biotita é o mineral máfico mais abundante, seguindo em abundância os piroxênios nos litotipos básicos e intermediários, e única fase máfica nos tipos graníticos. Análises por microsonda mostram enriquecimento em FeO e empobrecimento em Mg na gradação dos primeiros litotipos. São biotitas ricas em TiO<sub>2</sub> (2.23 a 5.63%) em todos os tipos estudados. Anfibólio primário é restrito às rochas de composição intermediária. São mais frequentes nos quartzo-dioritos e quartzo-monzodioritos, compondo os aglomerados máficos. O plagioclásio nos litotipos básicos varia de An40-60 (andesina/labradorita) e grada para An25-40 (oligoclásio/andesina) nos quartzo-dioritos e quartzo-monzodioritos. São hipidiomórficos, na sua maioria tabulares, e localmente nos gabros tendem a uma orientação preferencial. O feldspato alcalino nas rochas em que ocorre é hipidiomórfico a xenomórfico, e apresenta pertitas em proporções variáveis. Constitui os megacristais do granito megaporfirítico. O quartzo é xenomórfico, amebóide, comumente apresentando extinção ondulante e, localmente, subgrãos. Ocorre subordinadamente em intercrescimentos com anfibólio e biotita, nas rochas básicas e intermediárias. Os minerais opacos mais frequentes são ilmenita, magnetita e Ti-magnetita, e os minerais acessórios mais frequentes são apatita e zircão. Temperaturas de cristalização foram estimadas utilizando-se pares de piroxênios, anfibólio e plagioclásio, ilmenita e magnetita, e ainda plagioclásio e álcal-feldspato. Os resultados obtidos com os pares de piroxênios (média em torno de 850oC) só encontram semelhança na literatura com temperaturas de reequilíbrio em estado subsólido (Linsley & Munoz, 1969). Com o par plagioclásio-anfibólio, nos litotipos intermediários, as temperaturas são em torno de +/- 750oC, refletindo temperaturas de equilíbrio. Para os pares ilmenita-magnetita e plagioclásio-álcali-feldspato as temperaturas obtidas foram baixas, entre ~350-550oC. No entanto, na literatura, valores dessa ordem são reportados por alguns autores como temperaturas magmáticas de reequilíbrio. A provável pressão confinante de consolidação dos litotipos investigados, obtidas com a aplicação de alguns geobarômetros que utilizam o teor de Al em anfibólio é de 5.9 Kbar. Para os gnaisses regionais, dados da literatura reportam pressões entre 7 e 8 Kbar. Os dados geoquímicos para a série cálcio-alcalina de médio K, cogenética aos gabros, mostram rochas enriquecidas em elementos incompatíveis como Ba, Sr, La, Ce e Pb, parcialmente empobrecidas em HFS e com valores de Zr, Hf e Ti compatíveis com

magmatismo do tipo N-MORB. O aumento progressivo dos teores de ETR das rochas intermediárias, acompanhando a tendência das rochas gabróicas, sem anomalia de Eu, sugere um processo de cristalização fracionada pouco evoluído. O modelamento geoquímico para a variação dos elementos maiores e traços, com base em assembléia fracionante composta de piroxênio, plagioclásio, biotita e ilmenita confirma a cristalização fracionada como principal processo na evolução dos litotipos. Os padrões dos ETR da série cálcio-alcalina de médio K só encontram semelhança na literatura àquelas de magmatitos presentes em segmentos anômalos das cadeias mesoceânicas e basanitos, provavelmente oriundos de um manto enriquecido (magmatismo do tipo E-MORB). Para os charno-enderbitos semelhante padrão foi observado, porém com pequena anomalia positiva para Eu. Os dados isotópicos de Rb-Sr e Sm-Nd confirmam a semelhança das razões das rochas básicas e intermediárias investigadas de Várzea Alegre com aquelas oriundas de um reservatório mantélico enriquecido. As "idades modelo" calculadas pelo método CHUR, e relacionadas à idade da fonte, foram de cerca de 1.0 Ga, e podem ser relacionadas a um episódio de enriquecimento do manto.

Nome: Benedicto Humberto Rodrigues Francisco

Orientador: Lina Maria Kneip

Título: **O Homem e a Geo-História da Região de Saquarema**

**Resumo:**

A região de Saquarema evoluiu através dos tempos, com a formação de um complexo de rochas ígneas e metamórficas Pré-Cambrianas e Eopaleozóicas que foram submetidas a esforços tectônicos regionais e locais. Intrusões magmáticas são mapeáveis nas formas de diques de rochas básicas do Cretáceo/Terciário. Durante o Cenozóico material retirado das rochas intemperizadas foram carregados para partes baixas e depositados gerando as planícies. No Quaternário, ocorreram avanços e recuos do mar na região costeira. Homens povoaram a região desde pelo menos 4.520 anos antes do presente. As populações humanas coletavam, caçavam e pescavam nos diversos ecossistemas o necessário para sua subsistência. A matéria prima mineral necessária era obtida nos afloramentos rochosos, nos colúvios, nos solos e nos aluviões. Todo o material litológico originário da Geo-história constitui a litodiversidade disponível seja para os vegetais seja para os demais seres vivos, inclusive o Homem.

Ao chegar em Saquarema o Homem se apropriou de parte do material disponível na biodiversidade e na litodiversidade e construiu os depósitos denominados sambaquis - sítios arqueológicos de grupos pescadores coletores, caçadores pré-históricos. O estudo dos sambaquis contribuiu para a reconstituição paleoambiental e para a geo-história do Quaternário. Mais tarde chegaram os grupos tribais que ali se encontravam quando da chegada dos europeus. A expulsão dos indígenas e conseqüente colonização européia modificou inteiramente os ecossistemas da região. O quadro atual mostra degradação ambiental, modificações na flora e na fauna, assoreamento das lagoas, aumento de poluentes, uso inadequado da biodiversidade e da litodiversidade. Torna-se necessário e imperioso deter a marcha de destruição com adoção de medidas para que ocorra a ocupação racional da região. A recuperação de ecossistemas deve ser implementada com urgência para que o Homem possa ocupar a região de Saquarema sem prejuízo para a qualidade de vida. Para que isso aconteça é suficiente aplicar o conjunto de leis municipais, estaduais e federais já existentes. Atenção especial deve ser dada aos sítios arqueológicos, de acordo com a Constituição Federal.

Nome: Marco Aurelio Vicalci

Orientador: Cândido Simões Ferreira

**Título: Zoneamento Bioestratigráfico e Paleoclimático do Quaternário Superior do Talude da Bacia de Campos e Platô de São Paulo Adjacente, com Base em Foraminíferos Planctônicos**

#### **Resumo:**

Os sedimentos do talude da Bacia de Campos e do Platô de São Paulo adjacente representados por 1.840 amostras e 4 furos geológicos com testemunhagem contínua de 29 testemunhos a pistão foram selecionados para aplicação dos métodos clássicos de análise de mudanças climáticas pós-pleiocênicas. Com base nas variações de freqüência do plexo Globorotalia menardii, Globorotalia inflata e Globorotalia truncatulinoides, complementadas pelas observações sobre os periódicos desaparecimentos/reaparecimentos do plexo Pulleniatina e comportamentos de outras espécies selecionadas, foi possível subdividir, nos testemunhos dos furos geológicos, as zonas Z (Holoceno), Y e X (Pleistoceno) de Ericson & Wollin (1968) em 18 subzonas (Z1, Z2, Y1 a Y5 e X1 a X11). A Zona W (Pleistoceno), atingida em 3 testemunhos, completa o arcabouço bioestratigráfico relativo à seção alcançada pelos furos geológi-

cos. Este resultado estabelece um biozoneamento para o Quaternário Superior do talude da Bacia de Campos e Platô de São Paulo adjacente, identifica dois episódios glaciais (zonas Y e W) e dois interglaciais (zonas Z e X), data os principais eventos climáticos nos últimos 150.000 anos, aprimora a correlação entre os testemunhos e permite cálculos mais precisos das taxas de sedimentação das seções estudadas. Os testemunhos a pistão, relativamente curtos, recuperaram sedimentos apenas da porção mais superior do Quaternário e serviram para delimitar com precisão o limite Pleistoceno/Holoceno em várias áreas do talude da Bacia de Campos e calibrar a idade do último desaparecimento do plexo Pulleniatina dentro do episódio glacial identificado como Zona Y. As formas indicadoras de águas quentes mais sensíveis são aquelas que pertencem aos plexos *Globorotalia menardii* e Pulleniatina. As mais úteis para indicar águas frias são *Globorotalia inflata* e *Globorotalia truncatulinoides*. As demais espécies presentes nas amostras refletem tolerâncias intermediárias de temperatura. A alta proporção da similaridade das variações de frequência destas espécies nos testemunhos está claramente relacionada às oscilações paleoclimáticas e reflete rápidas mudanças nas condições das massas de água sobre o talude da Bacia de Campos, durante o Quaternário Superior. Para o intervalo interglacial, a fauna indica condições mais quentes para as subzonas X1, X3, X7 e X11. As subzonas com numeração par (X2 a X10) refletem condições mais frias dentro da interglacial. Durante o último episódio glacial (Zona Y), a associação planctônica indica resfriamentos mais intensos para as subzonas Y1, Y3 e Y5. A Zona Z (episódios pós-glacial) corresponde a um novo período de aquecimento das águas oceânicas. *Globorotalia fimbriata* ocorre apenas no Holoceno, portanto, uma espécie índice para os últimos 11.000 anos (Zona Z). *Globorotalia flexuosa* caracteriza a última interglacial (Zona X), desaparecendo ao final deste episódio, um evento calculado em 84.000 anos A.P. Os três desaparecimentos do plexo Pulleniatina ao longo da Zona Y, referidos como bio-horizontes YP.1, YP.2 e YP.3 tiveram as idades calculadas em 84.000 anos A.P., 67.700 a 74.400 anos A.P. e 42.000 a 45.000 anos A.P., respectivamente. As taxas de sedimentação para o Holoceno (Zona Z) do talude de Marlim variam de 0,63 a 5,45 cm/1.000 anos e para o de Albacora, de 0,90 a 15,0 cm/1.000 anos. Para a Zona Y as taxas de Albacora (22,2 a 158 cm/1.000 anos) também são mais altas do que as encontradas para Marlim (0,23 a 18,3 cm/1.000 anos). A exceção ocorre nos testemunhos coletados em profundidades próximas de 625 metros de lâminas d'água em Marlim, onde a taxa (64 a 70 cm/1.000 anos) é quase o dobro daquela de Albacora (35 a 44 cm/1.000 anos). Para a Zona X, a maior taxa de sedimentação foi encontrada no talude de Barracuda (136 cm/1.000 anos). O testemunho a pistão coletado no Platô de São Paulo (2.375 m) tem as

seções interglaciais Z e X anormalmente expandidas e a seção glacial anormalmente curta, sugerindo circulação mais rápida das águas de fundo do Atlântico durante a fase glacial. Esta interpretação implica em que a circulação oceânica de fundo do Atlântico flutuou em resposta às mudanças climáticas. Depósitos de escorregamento foram observados nas áreas de Marlim e Albacora. Entre os eventos constatados no talude de Marlim, o de maior significado ocorreu entre 55.000 e 65.000 anos A.P., concordando com o tempo de movimento de massa modelado por outros autores e com a simulação do excesso de poro-pressão dos sedimentos, induzida pela curva eustática do nível do mar. Na área estudada do talude de Albacora os depósitos de escorregamentos são mais restritos e configuram eventos diferentes. Ficou evidente o controle paleoclimático e, conseqüentemente, glácio-eustático dos movimentos de massa ocorridos no Pleistoceno Superior do talude da Bacia de Campos. Em todos os testemunhos estudados, onde ocorrem movimentos de massa, estes localizam-se em biozonas glaciais, coincidentes com períodos de rebaixamento do nível do mar. Portanto, na situação eustática atual, de nível de mar alto, os sedimentos de fundo do talude encontram-se em estado de relativa estabilidade. Uma curva traçada a partir dos resultados das análises isotópicas de oxigênio, em amostras de rocha-total, para o furo geológico G1-07, apresenta evidente similaridade com a curva obtida para o testemunho V22-174, coletado no Atlântico Sul. Esta similaridade possibilitou algumas discussões em torno do zoneamento paleoclimático obtido através de foraminíferos planctônicos para o mesmo testemunho. O conjunto de dados levantados no estudo do Quaternário Superior da Bacia de Campos, quando correlacionado com o zoneamento bioestratigráfico de Bolli & Premoli Silva (1973), revela que os sedimentos amostrados situam-se na parte superior da Zona Globorotalia truncatulinoides truncatulinoides. Os testemunhos longos atingiram as subzonas Globorotalia crassaformis hessi (parte), Globigerina calida calida e Globigerina bermudezi (Pleistoceno) e Globorotalia fimbriata (Holoceno), que se correlacionam com as zonas paleoclimáticas W (parte), X, Y (Pleistoceno) e Z (Holoceno). Os testemunhos a pistão coletados no talude não atravessaram completamente a Subzona Globigerina bermudezi (Zona Y), têm idades variáveis, alguns atingiram o bio-horizonte Pulleniatina obliquiloculata (YP.3) (42/45.000 anos) mas nenhum deles alcançou o topo da Subzona Globigerina calida calida (84.000 anos). O testemunho a pistão coletado no Platô de São Paulo recuperou sedimentos com idade máxima variando entre 84.000 e 127.000 anos atingindo parte da Subzona Globigerina calida calida.