



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Faculdade de Geologia

Samuel Magalhães Viana


**Evolução geológica do terreno Paraíba do Sul, Orógeno Ribeira , sudeste do
Brasil , com base em estudos litogeoquímicos e de geocronologia U-Pb
(La-Icpms)**

Rio de Janeiro

2008

Samuel Magalhães Viana

Evolução geológica do terreno Paraíba do Sul, Orógeno Ribeira , sudeste do Brasil , com base em estudos litogeoquímicos e de geocronologia U-Pb (La-Icpms)



Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Claudia Sayão Valladares

Co-orientador: Miguel Tupinambá

Rio de Janeiro

2008

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CTC/C

V614 Viana, Samuel Magalhães.
Evolução geológica do terreno Paraíba do Sul,
Orógeno Ribeira, sudeste do Brasil, com bases em
estudos litogeoquímicos e de geocronologia U-Pb (LA-
ICPMS).- 2008.
230 f. : il. color., mapas + anexos

Orientador: Claudia Sayão Valladares.
Co-orientador: Miguel Tupinambá.
Tese (Doutorado) – Universidade do Estado do Rio
de Janeiro. Faculdade de Geologia.

1. Geodinâmica - Teses. 2. Geoquímica - Teses. 3.
Brasil, Sudeste - Teses. I. Valladares, Claudia Sayão. II.
Tupinambá, Miguel. III. Universidade do Estado do Rio
de Janeiro. Faculdade de Geologia. IV. Título.

CDU 551.2:550.84(815)

Samuel Magalhães Viana

Evolução geológica do terreno Paraíba do Sul, Orógeno Ribeira , sudeste do Brasil , com base em estudos litogeoquímicos e de geocronologia U-Pb (La-lcpms)

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 09 de setembro de 2008.

Orientadores:

Prof^a. Dr^a. Cláudia Sayão Valladares (Orientador)
Faculdade de Geologia da UERJ

Prof. Dr. Miguel Tupinambá (Co-orientador)
Faculdade de Geologia da UERJ

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Monica Heilbron
Departamento de Geologia da UERJ

Prof. Dr. Sérgio de Castro Valente
Departamento de Geociências da UFRRJ

Prof. Dr. Fernando Flecha de Alkmim
Departamento de Geologia da UFOP

Prof. Dr. Elton Luiz Dantas
Instituto de Geociências da UnB

Rio de Janeiro

2008

DEDICATÓRIA

Eis que o temor do Senhor é a sabedoria,
e apartar-se do mal é o entendimento.
Jó 28:28

AGRADECIMENTOS

Muitos foram os que me incentivaram e contribuíram para a conclusão desta tese de doutoramento. Dentre estes, gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos:

Primeiramente, a Deus.

Aos meus pais, irmãos e familiares, pelo incentivo permanente.

Aos meus orientadores da UERJ, professora Dr^a. Cláudia Valladares e Dr. Miguel Tupinambá, pela orientação, esclarecimentos, paciência, e apoio nas atividades de campo.

Ao professor Dr. Antônio Simonetti da Universidade de Alberta (Canadá), pelo auxílio durante a etapa de pesquisa realizada no exterior.

Ao professor Dr. Marcos Aurélio F. de Oliveira da UNESP, pela análise e disponibilização dos dados litogeoquímicos das amostras coletadas na região de Leopoldina (MG).

Ao professor Dr. Sérgio Valente da UFRRJ pela leitura crítica e sugestões incorporadas nesta tese.

Aos demais professores do Departamento de Geologia Regional e Geotectônica da UERJ, sempre dispostos ao auxílio na pesquisa. Agradeço especialmente aos professores Dr^a. Beatriz Duarte e Dr. Luiz Guilherme A. do Eiraldo Silva, pelo auxílio, também, nas etapas de campo.

À Dr^a. Márcia Reis do DNPM, pelo especial auxílio durante a etapa final desta tese, incentivando, todo o tempo, com críticas e sugestões, além de assistir aos ensaios das minhas apresentações.

Aos Drs. Cláudio Valeriano, Beatriz Duarte e Janaína Lobo pelas críticas e sugestões a partir da etapa de qualificação desta tese.

Aos colegas de trabalho: Msc. Cássio Roberto da Silva, Msc. Jorge Pimentel e Msc. Carlos Eduardo Osório Ferreira, da CPRM, pelo constante apoio.

Aos colegas estudantes de graduação e pós-graduação da UERJ, que também participaram das atividades de campo: Sheila, Aline, Vinicius e Hugo, e à

doutoranda Adriana Alves da USP, pelo auxílio durante a etapa de pesquisa no exterior.

Aos funcionários Rosalva, Miguel e demais técnicos do Laboratório Geológico de Processamento de Amostras (LGPA) da UERJ, sempre solícitos em suas atividades

Aos funcionários Edna, Diogo e Carol da Coordenação de Pós-graduação, FGEL/UERJ, pelo apoio administrativo.

Às instituições:

- FGEL/UERJ, por toda a infra-estrutura acadêmica suficiente para a formação e qualificação de profissionais geólogos.
- FAPERJ, pela bolsa de pesquisa durante o período inicial das atividades.
- CPRM/SGB, pelo apoio à minha qualificação, liberando-me de minhas funções durante a etapa de pesquisa, tanto no exterior quanto na UERJ.

Agradeço, finalmente, a tantos outros que contribuíram, direta ou indiretamente, para a conclusão deste projeto.

RESUMO

VIANA, Samuel Magalhães. *Evolução geológica do terreno Paraíba do Sul, Orógeno Ribeira, sudeste do Brasil, com base em estudos litogeoquímicos e de geocronologia U-Pb (LA-ICPMS)*. Rio de Janeiro, 2008. 230f. Tese (Doutorado em Geologia) – Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

A estrutura crustal do Orógeno Ribeira pode ser definida, em seu segmento central, por alguns terrenos tectono-estratigráficos distintos entre si, e limitados por empurrões por sobre o Cráton de São Francisco e zonas de cisalhamento oblíquas, resultado de sucessivos eventos de colagem no Brasiliano. Neste contexto, o Terreno Paraíba do Sul se apresenta como uma estrutura sinformal, recobrando o Terreno Ocidental, margem retrabalhada do Cráton de São Francisco (Heilbron *et al.*, 2004). Ainda que o Orógeno Ribeira seja o mais estudado do Gondwana Oeste, esta tese contribui para o entendimento da constituição, origem e evolução das unidades que compõem o Terreno Paraíba do Sul, neste orógeno. Para tanto foram realizadas investigações geocronológicas sistemáticas subsidiadas por análises litogeoquímicas, tendo em vista o caráter regional do terreno estudado. Este estudo integrado se faz necessário em virtude da poucas e espacialmente restritas idades existentes para os ortognaisses do embasamento (Complexo Quirino) e granitóides, e à ausência de idades de proveniência de sua cobertura metassedimentar (Grupo Paraíba do Sul). Os dados litogeoquímicos de quarenta e uma análises (trinta e duas de Valladares *et al.*, 2002) discriminam duas séries cálcio-alcálicas para o Complexo Quirino: uma de médio-K e composição tonalítica; e outra de alto-K e composição granítica/granodiorítica, relacionadas a ambiente de arco vulcânico. Foram ainda identificados alguns possíveis grupos cogenéticos, para cada uma destas séries (grupos 1 a 8 para a série de alto-K, e 1 a 3 para a série de médio-K), considerando razões entre elementos incompatíveis com variações inferiores a 1,5 vezes (Allégre & Minster, 1978) e outros critérios petrológicos, para orientação da investigação geocronológica. A análise geocronológica U-Pb foi realizada pelo método LA-ICPMS, em zircões selecionados de dez amostras, sendo seis de ortognaisses do Complexo Quirino (quatro da série de alto-K e duas da série de médio-K), duas de quartzitos do Grupo Paraíba do Sul e duas de granitóides neoproterozóicos. Todas as análises foram produzidas pelo autor no Radiogenic Isotope Facility of University of Alberta, Canadá. Os dados obtidos apresentaram, para o Complexo Quirino, idades de cristalização paleoproterozóica relacionadas ao Evento Transamazônico, sendo a série de alto-K mais antiga ($2308 \pm 9,2$ Ma a 2185 ± 8 Ma) do que a série de médio-K (2169 ± 3 Ma a 2136 ± 14 Ma). A integração dos dados geocronológicos obtidos, com as avaliações petrogenéticas, possibilita a interpretação de que quatro ou cinco suítes ocorram na série de alto-K. A série de médio-K seria representada por uma única suíte cogenética, evoluída por assimilação concomitante à cristalização fracionada, consequente de fusão de crosta arqueana pré-existente durante o mesmo evento que gerou crosta

juvenil. A expressiva quantidade de grãos herdados e idade T_{DM} (Valladares *et al.*, 2002) corroboram com esta hipótese. Os metassedimentos investigados são provenientes da erosão de rochas paleoproterozóicas (com maior concentração entre 1,9 Ga e 2,1 Ga), em parte oriundas do próprio embasamento, juntamente com contribuições subordinadas de fontes arqueanas. A idade de deposição máxima obtida a 1951 Ma (zircão concordante mais jovem), juntamente com a idade concordante mais antiga de metamorfismo do seu embasamento (645 ± 13 Ma), define a melhor estimativa para a implantação da Bacia Paraíba do Sul em algum intervalo entre o final da Orogenia Transamazônica e o início da Orogenia Brasileira. Três eventos metamórficos neoproterozóicos também foram identificados com base em registros de bordos de grãos, pontas de prismas e interceptos inferiores de zircões do embasamento e idades de cristalização de granitóides: um precoce, entre 645-605 Ma caracterizado nesta tese como pré-M1; e outros dois subseqüentes, com intervalos de 605-570 Ma e 540-520 Ma correlacionáveis respectivamente aos eventos M1 e M2 de Heilbron (1993) para o Orógeno Ribeira. Dentre as hipóteses para o registro metamórfico pré-M1, é sugerida uma possível influência dos episódios colisionais, de idade cronocorrelata, ao sul do Orógeno Brasília, ou a existência de um fragmento de crosta continental posicionada entre o Arco Rio Negro (Terreno Oriental) e o Cráton de São Francisco. No segundo caso, um evento de acreção deste fragmento de crosta ao arco, anterior à colisão com o Cráton, resultaria nas idades de metamorfismo mais precoce. Por fim, a idade ID-TIMS de 503 ± 2 Ma em titanita do Complexo Quirino (Valladares, 1996) continuaria sendo a mais nova, refletindo a diminuição da atividade metamórfica para este terreno.

Palavras-chave: Terreno Paraíba do Sul. Complexo Quirino. Geocronologia U-Pb. LA-ICPMS.

ABSTRACT

The crustal structure of the Ribeira Belt can be defined, in its central segment, by some tectono-estratigraphic terrains which are different, and limited by thrusts over São Francisco Craton and oblique shear zones, result of successful docking events in the Brasiliano. In this context, the Paraíba do Sul Terrane is presented as a sinformal structure, covering the Occidental Terrane, a reworked margin of São Francisco Craton (Heilbron *et al.*, 2004). Although the Ribeira mobile belt is the most studied in the West Gondwana, this study has contributed to the understanding of the constitution, origin and evolution of the units which compose the Paraíba do Sul Terrane, in this orogen. For that, systematic geochronological investigations were carried out, subsidized by litho-geochemical analysis, considering the regional character of the terrane being analyzed. This integrated study is necessary due to the few and sparsely restricted existing ages for the orthogneisses of the basement (Quirino Complex) and granitoids, and the absence of ages of provenance of its metasedimentary coverage (Paraíba do Sul Group). The litho-geochemical data of 41 analyses (32 from Valladares *et al.*, 2002) distinguish two calc-alkaline series for Quirino Complex: one of medium-K and tonalitic composition; other of high-K and granitic/granodioritic composition, related to a volcanic arc environment. Some possible cogenetic groups we identified, for each of these series (groups 1 to 8 for the high-K series, and 1 to 3 for the medium-K series), considering ratios between incompatible elements varying below 1.5 times (Allégre & Minster, 1978) and other petrologic criteria, for the orientation of the geochronological investigation. The U-Pb geochronological analysis was performed by LA-ICPMS method, in zircons selected from ten samples, of which six were from orthogneisses from the Quirino Complex (four from the high-K series and two from the medium-K series), two from quartzites from Paraíba do Sul Group and two from neoproterozoic granitoids. All the analyses were produced by the author in the Radiogenic Isotope Facility of University of Alberta, Canada. The data obtained presented, for the Quirino Complex, palaeoproterozoic crystallization ages related to the Transamazonian Event, the high-K series being older (2308 ± 9.2 Ma a 2185 ± 8 Ma) than the medium-K series (2169 ± 3 Ma a 2136 ± 14 Ma). The integration of the geochronological data with the petrogenetic evaluation leads to the conclusion that four or five suites occur in the high-K series. The medium-K series would be represented by one sole cogenetic suite, evolved by concomitant assimilation during fractionated crystallization, resulting, in part, from the melt of an archaean crust during the same event which generated juvenile crust on the Palaeoproterozoic. The expressive quantity of inherited archaean grains and T_{DM} archaean age (Valladares *et al.*, 2002) support this hypothesis. The metasediments investigated are originated from the erosion of palaeoproterozoic rocks (with higher concentration between 1.9 Ga and 2.1 Ga), partly originated from the basement itself, together with subordinated contributions of archaean sources. The maximum deposition age obtained at 1951 Ma (youngest zircon concordant), together with the oldest concordant age of the metamorphism of its basement (645 ± 13 Ma),

defines the best estimate for the implementation of the Paraíba do Sul Basin, in some interval between the end of the Transamazonian Orogeny and the beginning of the Brazilian Orogeny. Three neoproterozoic metamorphic events were also identified based on registers of overgrowth grain, prismatic tips and lower intercepts of zircons of the basement and granitoid crystallization ages: one precocious, between 645-605 Ma, characterized in this study as pre-M1; and two subsequent, with intervals of 605-570 Ma and 540-520 Ma respectively correlated to Heilbron (1993) M1 and M2 events for the Ribeira Belt. Among the hypothesis for the metamorphic pre-M1 register, we suggest possible influence of the collision episodes, of chronorrelated age, south of the Brasília Belt, or the existence of a fragment of continental crust positioned between the Rio Negro Arc (Oriental Terrane) and São Francisco Craton. In the second case, an accretion event of this crust fragment to the arc, from before the collision with the Craton, would result in the earlier metamorphism ages. Finally, the ID-TIMS age of 503 ± 2 Ma in titanite of the Quirino Complex (Valladares, 1996) would still be the youngest, reflecting the decrease of the metamorphic activity for this terrane.

Keywords: Paraíba do Sul Terrane. Quirino Complex. Geochronology U-Pb. LA-ICPMS..

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Representação das diversas escalas estudadas segundo o “método zoom”.	2
Figura 1.2	Mapa de localização da área pesquisada no contexto da América do Sul. No detalhe maior, as cores correspondem às unidades tectónico-estratigráficas de Heilbron <i>et al.</i> (2004),	6
Figura 1.3	Mapa de localização das principais vias de acesso (rodovias federais e estaduais em vermelho e estradas não pavimentadas em laranja) ao Terreno Paraíba do Sul (hachurado).	7
Figura 2.1	Fluxograma dos procedimentos laboratoriais de separação e preparação dos zircões adotados neste trabalho.	13
Figura 2.2	a) Detalhe dos grãos de zircão antes da montagem (BP-I-40). Tamanhos e formas variadas; b) Montagem em resina epóxi. No caso, duas montagens contendo duas amostras de gnaisses cada e cerca de 50 grãos para cada amostra.	16
Figura 3.1	Cadeia dos elementos-filhos provenientes do decaimento do $^{238}_{92}\text{U}$ para o $^{206}_{82}\text{Pb}$ (Faure & Mensing, 2005).	19
Figura 3.2	Cadeia dos elementos-filhos provenientes do decaimento do $^{235}_{92}\text{U}$ para o $^{207}_{82}\text{Pb}$ (Faure & Mensing, 2005).	20
Figura 3.3	Cadeia dos elementos-filhos provenientes do decaimento do $^{232}_{90}\text{Th}$ para o $^{208}_{82}\text{Pb}$ (Faure & Mensing, 2005).	20
Figura 3.4	Diagrama com a curva Concórdia (Machado, 2006, modificado de Wetherill, 1956).	22
Figura 3.5	Representação de análises de mesma idade $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ao longo da discórdia (Machado, 2006).	22
Figura 3.6	Representação de idades de cristalização e herança de uma determinada rocha ígnea em diagrama de concórdia (Machado, 2006).	23
Figura 3.7	Representação de idades de cristalização e metamorfismo de uma determinada rocha metamórfica em diagrama de concórdia (Machado, 2006).	24
Figura 3.8	Representação de idades de proveniência para uma determinada rocha sedimentar em diagrama de concórdia (Machado, 2006).	24
Figura 3.9	Alguns minerais úteis que incorporam urânio (Machado, 2006).	26
Figura 3.10	a) Imagem CL reproduzida de Silva (2006) - Charnockito Granulítico do Complexo Caraíba, BA / Idade de cristalização: 2650 Ma; idade de metamorfismo: 2080 Ma. Núcleo detrítico herdado, não datado. Com o estudo de imagens pancromáticas (CL), previamente à análise em equipamento SIMS, é possível a identificação e exclusão de domínios heterogêneos (mistos) para a determinação da idade; b) Imagem CL. Exemplo do Gnaiss Acasta do Canadá (rocha mais antiga da Terra) mostrando que é possível, com a técnica SHRIMP, encontrar cristais que preservam a idade do magma precursor (4030 Ma), ainda que a rocha tenha experimentado três eventos metamórficos arqueanos de facies anfíbolito ou superior. Cortesia Richard Armstrong, <i>In</i> : Silva, 2006.	27
Figura 3.11	a) <i>Laser Ablation System UP213</i> (no detalhe); b) <i>Laser Ablation System</i> acoplado ao espectrômetro de massa com os multicoletores de íons (fotos tiradas pelo autor durante as análises na <i>University of Alberta, Canadá</i>).	30

Figura 3.12	Configuração do bloco coletor U-Pb com os doze coletores <i>Faraday</i> (em azul) e os três contadores iônicos (em vermelho), por Simonetti (2007).	30
Figura 3.13	Esquema do defletor de íons direcionando os elétrons para os três contadores passíveis de registrarem massas muito pequenas de ^{207}Pb , ^{206}Pb e ^{204}Pb (+ ^{204}Hg). (fonte: http://research.eas.ualberta.ca/rif/mc_icp_ms.html).	31
Figura 3.14	Detalhe do <i>spot</i> gerado (40 μm de largura e 15 μm de profundidade) pela metodologia desenvolvida na Universidade de Alberta e descrita por Simonetti <i>et al.</i> , 2005 (fonte: http://research.eas.ualberta.ca/rif/mc_icp_ms.html).	32
Figura 3.15	Imagem do padrão internacional (zircão BR266), sendo utilizado para a calibração do equipamento. Notar a quantidade de “ <i>spots</i> ” decorrentes do constante uso deste padrão (foto tirada pelo autor durante as análises na <i>University of Alberta, Canadá</i>).	33
Figura 3.16	a) Imagem do zircão #41 da montagem LE-CM-12, antes de receber o “tiro” de <i>laser</i> ; b) Imagem do zircão #41 da montagem LE-CM-12, após o “tiro” de <i>laser</i> que gerou um <i>spot</i> de 40 μm . (foto tirada pelo autor durante as análises na <i>University of Alberta, Canadá</i>).	34
Figura 3.17	Produção de partículas pela interação entre o <i>laser</i> e matéria - ablação (Machado, 2006).	34
Figura 3.18	Esquema da conexão em “Y” onde o DSN-100 introduz solução de $\text{Ti} + \text{HNO}_3 + \text{Ar}$ no sistema (Simonetti, 2007).	35
Figura 3.19	Plasma onde os elementos são ionizados (Machado, 2006).	35
Figura 3.20	Zircão zonado #34 da montagem LE-CM-12 com <i>spots</i> executados no núcleo e na borda. (foto tirada pelo autor durante as análises na <i>University of Alberta, Canadá</i>).	36
Figura 3.21	a) O diagrama ilustra o comportamento da correção “ideal”; b) “ <i>overcorrection</i> ” constatado em consequência do excesso de Pb comum ou ^{204}Hg (Simonetti, 2007).	37
Figura 4.1	A porção continental da placa Sul-Americana, modificado de Almeida <i>et al.</i> (1976) (Fonte: Bizzi <i>et al.</i> , 2003).	40
Figura 4.2	a) Províncias estruturais do Escudo Atlântico (modificado de Almeida <i>et al.</i> 1977, 1981; sobre o modelo digital do terreno, Smith e Sandwell, 1997; Fonte: Bizzi <i>et al.</i> , 2003); b) detalhe da Província Mantiqueira e suas subdivisões (Fonte: Heilbron <i>et al.</i> , 2004).	41
Figura 4.3	Compartimentação tectônica da borda sul do Cráton de São Francisco (Heilbron <i>et al.</i> , 2004).	41
Figura 4.4	Placas continentais e arcos magmáticos do Gondwana oeste (fonte: Campos Neto, 2000).	43
Figura 4.5	Etapas evolutivas do Orógeno Ribeira, segundo Heilbron & Machado (2003).	47
Figura 4.6	Seção estrutural esquemática NW-SE para o Orógeno Ribeira, extraído de Heilbron <i>et al.</i> (2004).	49
Figura 4.7	Mapa geológico do segmento central da Faixa Ribeira (Fonte: Valladares <i>et al.</i> 2000, modificado de Heilbron 1995 e Heilbron <i>et al.</i> , 2000).	50
Figura 4.8	Mapa geológico esquemático da porção leste do estado de São Paulo (Fonte: Vlach, 2001, modificado de Campos Neto, 2000).	60
Figura 4.9	Mapa tectônico do Terreno Oriental. Fonte: Heilbron & Machado (2003).	63
Figura 4.10	Mapa geológico do Terreno Cabo Frio (fonte: Schmitt <i>et al.</i> , 2004).	67

Figura 5.1	Vista da Serra das Abóboras ao fundo a partir da BR-040 próximo a Três Rios (RJ). Maciço rochoso de ortognaisse pertencente ao Complexo Quirino que se destaca na topografia.	72
Figura 5.2	Detalhe da textura porfiroblástica dos ortognaisses do Complexo Quirino e enclaves anfíbolíticos associados. Ponto VR-150.	73
Figura 5.3	Pedreira em Pouso Seco, antiga Rio-São Paulo, biotita gnaisse da série alto-K datada por Valladares (1996) (2185 ± 8 Ma (U-Pb) ID-TIMS). Ponto VR-150.	73
Figura 5.4	Afloramento de ortognaisse milonítico do Complexo Quirino próximo a Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul em Além Paraíba (MG). Ponto EC-II-2002-4.	74
Figura 5.5	Afloramento de ortognaisse do Complexo Quirino, visto em corte perpendicular ao mergulho da foliação medida a N54°E/83°SE. Hornblenda e biotita ocorrem como minerais máficos principais, junto a pequenos enclaves de anfíbolitos e porfiroblastos feldspáticos. Ponto BP-I-40.	74
Figura 5.6	Detalhe do afloramento de ortognaisse do Complexo Quirino com glômeros de hornblenda e repleto de enclaves de anfíbolitos. Ponto LE-CM-12.	75
Figura 5.7	Afloramento de hornblenda biotita ortognaisse com enclave de anfíbolito (4,5m) e veio felsico concordante logo acima. Corte na rodovia BR-116, 5 km a norte do trevo para Angustura, Folha Leopoldina (MG).	75
Figura 5.8	Ortognaisse do Complexo Quirino com bandamento gnáissico cortado por venulações félsicas discordantes. Ponto BP-M-642.	76
Figura 5.9	a) situação dos <i>slabs</i> antes do tingimento; b) situação dos <i>slabs</i> após ataque químico (o cobaltonitrito de sódio reage com o K-feldspato tornando-o amarelo e o amarante reage com o plagioclásio tornando-o rosa).	76
Figura 5.10	Amostras do Complexo Quirino segundo o diagrama QAP modal de Streckeisen (1976). Em vermelho as amostras produzidas no atual trabalho.	77
Figura 5.11	Fotomicrografia do hornblenda-biotita gnaisse. Predomínio da hornblenda (hbl) como mineral máfico. Luz natural - lâmina: BP-M-659.	80
Figura 5.12	Associação de minerais presentes no hornblenda-biotita gnaisse (série cálcio-alcalina de médio-K), que apresenta hornblenda como máfico principal e plagioclásio como feldspato predominante. Nicóis cruzados - lâmina: BP-M-659.	80
Figura 5.13	Fotomicrografia do biotita gnaisse (série cálcio-alcalina de alto-K). Predomínio da biotita (bt) como mineral máfico. Luz natural - lâmina: BP-M-642.	80
Figura 5.14	Associação de minerais presentes no biotita-gnaisse (série cálcio-alcalina de alto-K) onde a biotita é o máfico principal e o K-feldspato aparece como feldspato predominante. Nicóis cruzados - lâmina: BP-M-642.	80
Figura 5.15	Fotomicrografia do biotita gnaisse (série cálcio-alcalina alto-K). Predomínio da biotita como mineral máfico. Neste caso notar a coloração avermelhada das biotitas, comum na região de Volta Redonda (RJ) para este tipo de litologia. Luz natural - lâmina: VR-08	82
Figura 5.16	Associação de minerais presentes no biotita-gnaisse (série cálcio-alcalina de alto-K) onde a biotita é o máfico principal e o K-feldspato aparece como feldspato predominante. Nicóis cruzados - lâmina: VR-08.	82
Figura 5.17	Fotomicrografia de ortognaisse do Complexo Quirino sob facies granulito, mapeado na região de Além Paraíba (MG). Em destaque a associação de minerais máficos constituída por anfíbolio e piroxênios. luz natural – lâmina: EC-II-2002-6	83

Figura 5.18	Fotomicrografia de ortognaisses do Complexo Quirino sob facies granulito, mapeado na região de Além Paraíba (MG). Ao centro observa-se o ortopiroxênio com extinção reta em meio aos anfibólios. Nicóis cruzados – lâmina: EC-II-2002-6.	83
Figura 5.19	Vista geral a partir do ponto SA-129 para NE. Complexo Quirino (CQ) por entre as cristas das serras adjacentes compostas pelos paragnaisses do Grupo Paraíba do Sul (GPS).	84
Figura 5.20	Afloramento de sillimanita-granada-biotita gnaisses do Grupo Paraíba do Sul na região de Bananal (SP). Foto por Eiraldo Silva (2006).	85
Figura 5.21	Saibreira em Além Paraíba (MG) contendo quartzito recristalizado, com feldspato caulinizado e indícios de manganês. Ocorre intercalado com o paragnaisse alterado. Ponto AP-TUP-22.	85
Figura 5.22	Detalhe do afloramento AP-TUP-22, descrito na foto anterior.	86
Figura 5.23	Afloramento de quartzito fino e impuro de dimensões métricas, intercalado com mármore (fora da foto), na Serra da Bocaina, em Bananal (SP).	87
Figura 5.24	Detalhe do afloramento de quartzito amostrado referente ao ponto BP-SV-02, em Barra do Pirai (RJ).	88
Figura 5.25	Mapa de localização do ponto amostrado BPSV02 no município de Barra do Pirai. Geologia a partir da Folha Barra do Pirai 1:100.000, Pronageo (CPRM / UERJ), 2006, disponível no site: http://geobank.sa.cprm.gov.br/ . GPS = Grupo Paraíba do Sul.	88
Figura 6.1	Diagrama sílica x álcalis para os ortognaisses do Complexo Quirino e as duas amostras de granitóides neoproterozóicos, com o limite entre os campos alcalino e subalcalino segundo Irvine & Baragar (1971).	92
Figura 6.2	Diagrama AFM de Irvine & Baragar (1971) com as amostras dos ortognaisses do Complexo Quirino e as duas amostras de granitóides neoproterozóicos. Amostras plotadas no campo cálcio-alcalino. $A = Na_2O + K_2O$, $F = FeO + 0,8998 Fe_2O_3$, $M = MgO$.	92
Figura 6.3	Caráter metaluminoso dos ortognaisses do Complexo Quirino, juntamente com os granitóides amostrados (Maniar & Piccoli, 1989). Dados em proporção molecular.	93
Figura 6.4	Diagrama K_2O x SiO_2 , com limites extraídos de Le Maitre (1989), para os ortognaisses do Complexo Quirino.	94
Figura 6.5	Diagrama normativo Ab-Or-An (O'Connor, 1965) para as rochas amostradas do Complexo Quirino e granitóides.	94
Figura 6.6	Classificação química para as rochas amostradas do Complexo Quirino e granitóides, no diagrama QAP normativo de Le Maitre (1989).	95
Figura 6.7	Diagrama de classificação R1xR2 de La Roche <i>et al.</i> (1980), com as amostras estudadas.	96
Figura 6.8	Diagrama Rb x Nb+Y (Pearce <i>et al.</i> , 1984), discriminante de ambientes tectônicos, aplicado aos ortognaisses do Complexo Quirino.	98
Figura 6.9	Diagrama triangular Hf – Rb/10 – TaX3 discriminante de ambientes tectônicos (Harris <i>et al.</i> , 1986) para o Complexo Quirino e os dois granitóides neoproterozóicos. As análises recentes do Complexo Quirino não constam neste diagrama pela ausência de dados de Hf e Ta.	99
Figura 6.10	Diagrama de variação multielementar normalizado por ORG (<i>Ocean Ridge Granite</i>) (Pearce <i>et al.</i> , 1984) para os ortognaisses que compõem a série alto-K do Complexo Quirino (campo hachurado), comparados com dados de granitos de arcos vulcânicos modernos de Pearce, <i>op cit.</i>	100

Figura 6.11	Diagrama de variação multielementar normalizado por ORG (<i>Ocean Ridge Granite</i>) (Pearce <i>et al.</i> , 1984) para os ortognaisses que compõem a série médio-K do Complexo Quirino (campo hachurado), comparados com dados de granitos de arcos vulcânicos modernos de Pearce <i>et al</i> (<i>op cit</i>).	100
Figura 6.12	Diagramas de Harker para os elementos maiores com as amostras de todo o conjunto dos ortognaisses (caso 1) do Complexo Quirino. Dados em %peso. $Fe_2O_3^T$ é ferro total sob a forma de ferro férrico.	104
Figura 6.13	Diagramas de Harker para os elementos maiores com as amostras da série cálcio-alcálica alto-K (caso 2) do Complexo Quirino. Dados em %peso. $Fe_2O_3^T$ é ferro total sob a forma de ferro férrico.	105
Figura 6.14	Diagramas de Harker para os elementos maiores com as amostras da série cálcio-alcálica médio-K (caso 3) do Complexo Quirino. Dados em %peso. $Fe_2O_3^T$ é ferro total sob a forma de ferro férrico.	106
Figura 6.15	Diagramas de Harker para os elementos traços com as amostras de todo o conjunto dos ortognaisses (caso 1) do Complexo Quirino. Dados de sílica em %peso e elementos traços em ppm.	107
Figura 6.16	Diagramas de Harker para os elementos traços com as amostras da série cálcio-alcálica alto-K (caso 2) do Complexo Quirino. Dados de sílica em %peso e elementos traços em ppm.	108
Figura 6.17	Diagramas de Harker para os elementos traços com as amostras da série cálcio-alcálica médio-K (caso 3) do Complexo Quirino. Dados de sílica em %peso e elementos traços em ppm.	109
Figura 6.18	Diagramas multi-elementares para as amostras do Complexo Quirino normalizadas para o condrito de Boynton (1984). Os grupos de cada série são indicados	121
Figura 7.1	Ponto BP-IV-53 na Fazenda Boa Liga em Barra do Piraí (RJ). Rocha amostrada no detalhe.	128
Figura 7.2	Montagem dos grãos de zircão selecionados da amostra BP-IV-53.	129
Figura 7.3	Diagrama de concórdia para as análises U-Pb (LA-ICPMS) da amostra BP-IV-53.	130
Figura 7.4	Detalhe dos grãos #4 e #5 com o posicionamento dos <i>spots</i> onde foram obtidas idades discordantes arqueana e paleoproterozóica, respectivamente.	131
Figura 7.5	Ponto EC-II-2002-6 na rodovia BR-116 em Além Paraíba (MG). Rocha amostrada no detalhe.	134
Figura 7.6	Montagem dos grãos de zircão selecionados da amostra EC-II-2002-6.	135
Figura 7.7	Diagrama de concórdia para as análises U-Pb (LA-ICPMS) da amostra EC-II-2002-6.	137
Figura 7.8	Detalhe do intercepto inferior do diagrama de concórdia para as análises U-Pb (LA-ICPMS) da amostra EC-II-2002-6.	137
Figura 7.9	Detalhe dos grãos zonados #3 e #33, com idade concordante obtida em <i>spots</i> localizados em seus respectivos bordos.	137
Figura 7.10	Ponto TR-MM-71A na rodovia BR-040 em Três Rios (RJ). Rocha amostrada no detalhe.	140
Figura 7.11	Montagem dos grãos de zircão selecionados da amostra TR-MM-71A.	141
Figura 7.12	Diagrama de concórdia para as análises U-Pb (LA-ICPMS) da amostra TR-MM-71A.	143
Figura 7.13	Diagrama de concórdia para as análises U-Pb (LA-ICPMS) da amostra TR-MM-71A.	143

Figura 7.14	Detalhe do intercepto inferior do diagrama de concórdia para as análises U-Pb (LA-ICPMS) da amostra TR-MM-71A.	144
Figura 7.15	Detalhe do grão #33 (herança arqueana), e do do grão concordante #44 de idade neoproterozóica.	144
Figura 7.16	Ponto PS-PM-66 na rodovia BR-040 em Paraíba do Sul (RJ).	147
Figura 7.17	Montagem dos grãos de zircão selecionados da amostra PS-PM-66.	148
Figura 7.18	Diagrama de concórdia para as análises U-Pb (LA-ICPMS) da amostra PS-PM-66.	150
Figura 7.19	Detalhe do intercepto inferior do diagrama de concórdia para as análises U-Pb (LA-ICPMS) da amostra PS-PM-66.	150
Figura 7.20	Detalhe do zircão zonado #32 com idade paleoproterozóica no núcleo e neoproterozóica no bordo.	151
Figura 7.21	Ponto BP-I-40 em Barra do Piraí (RJ).	154
Figura 7.22	Afloramento BP-I-40 do Complexo Quirino: foliação subvertical (N54°E/83°SE) e dobras D3, com registros de idades $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ relacionadas ao metamorfismo M2 de Heilbron & Machado (2003).	155
Figura 7.23	Montagem dos grãos de zircão selecionados da amostra BP-I-40.	156
Figura 7.24	Diagrama de concórdia para as análises U-Pb (LA-ICPMS), amostra BP-I-40.	157
Figura 7.25	Detalhe dos zircões zonados #43 e #44 apresentando idades discordantes paleoproterozóica e neoproterozóica nos seus respectivos núcleos e bordos.	158
Figura 7.26	Ponto LE-CM-12 na rodovia BR-116 em Além Paraíba (MG).	161
Figura 7.27	Montagem dos grãos de zircão selecionados da amostra LE-CM-12.	162
Figura 7.28	Diagrama de concórdia para as análises U-Pb (LA-ICPMS) da amostra LE-CM-12.	163
Figura 7.29	Detalhe do intercepto inferior do diagrama de concórdia para as análises U-Pb (LA-ICPMS) da amostra LE-CM-12.	163
Figura 7.30	Detalhe dos diversos grãos inerentes à amostra LE-CM-12. Idades concordantes paleoproterozóica (grãos #17 e #19) e neoproterozóica (grão #9).	164
Figura 7.31	Montagem dos grãos de zircão selecionados da amostra BAN-09.	172
Figura 7.32	Diagrama de concórdia para as análises U-Pb (LA-ICPMS) da amostra BAN-09.	173
Figura 7.33	Histograma para idades de zircão detrítico da amostra BAN-09, quartzito do Grupo Paraíba do Sul.	174
Figura 7.34	Ponto BP-SV-02 em Barra do Piraí (RJ).	177
Figura 7.35	Montagem dos grãos de zircão selecionados da amostra BP-SV-02.	178
Figura 7.36	Diagrama de concórdia para as análises U-Pb (LA-ICPMS) da amostra BP-SV-02, com algumas discórdias caracterizando as diferentes fontes.	179
Figura 7.37	Diagrama de concórdia para as análises U-Pb (LA-ICPMS) mais concordantes da amostra BP-SV-02.	180
Figura 7.38	Histograma para idades de zircão detrítico da amostra BP-SV-02, quartzito do Grupo Paraíba do Sul.	180
Figura 7.39	Histograma ilustrando a distribuição de idade $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ para zircões detríticos dos quartzitos do Grupo Paraíba do Sul.	185
Figura 7.40	Ponto SA-129A em Sapucaia (RJ). Rocha amostrada no detalhe.	187

Figura 7.41	Detalhe do afloramento mostrando o contato da injeção félsica no gnaisse bandado do Complexo Quirino.	188
Figura 7.42	Detalhe do diagrama de concórdia para as análises U-Pb (LA-ICPMS) da amostra SA-129.	189
Figura 7.43	Detalhe do setor bandado migmatítico nas imediações do ponto CB-SV-01 em Bananal (SP).	191
Figura 7.44	Ponto CB-SV-01 em Bananal (SP). Rocha amostrada no detalhe.	192
Figura 7.45	Montagem dos grãos de zircão selecionados da amostra CB-SV-01.	193
Figura 7.46	Detalhe do diagrama de concórdia para as análises U-Pb (LA-ICPMS) da amostra CB-SV-01.	194
Figura 8.1	Compilação das idades U-Pb paleoproterozóicas obtidas, nesta tese e por Valladares (2006), para os ortognaisses do Complexo Quirino.	201
Figura 8.2	Compilação das idades U-Pb neoproterozóicas obtidas, nesta tese e por Valladares (2006), para os ortognaisses do Complexo Quirino e Granitóides.	202
Figura 8.3	Cartoon interpretativo para a evolução da Colagem Brasileira, (fonte: Trouw <i>et al.</i> 2000).	205
Figura 8.4	a) Mar do Japão, fragmento de crosta continental representado pelo Banco de Yamato, mapa e seções (anomalias geofísicas e seção esquemática); b) Seção esquemática comparativa com a possibilidade do Terreno Paraíba do Sul ter sido um fragmento continental similar ao banco de Yamato.	206
Figura 8.5	Cartoon esquemático mostrando a possibilidade de um evento de acreção do Terreno Paraíba do Sul com o Terreno Oriental, anterior à colisão com o Cráton de São Francisco, resultando em idades mais precoces de metamorfismo.	207

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Relação das amostras preparadas.	15
Tabela 3.1	Parâmetros analíticos utilizados no sistema (Simonetti <i>et al.</i> , 2005).	37
Tabela 4.1	Diferentes propostas de nomenclatura para o Orógeno Ribeira segundo diversos autores (modificado de Heilbron <i>et al.</i> , 2002).	48
Tabela 4.2	Compartimentação tectônica do Orógeno Ribeira (Heilbron <i>et al.</i> , 2004).	49
Tabela 6.1	Quadro comparativo entre as séries de alto-K e médio-K do Complexo Quirino. Óxidos em % peso. Elementos-traço em ppm.	91
Tabela 6.2	Quadro de coeficientes de regressão para os elementos maiores e níveis de significância das rochas do Complexo Quirino.	102
Tabela 6.3	Quadro de coeficientes de regressão para os elementos traços e níveis de significância das rochas do Complexo Quirino.	102
Tabela 6.4	Razões entre elementos incompatíveis imóveis, caso 1: toda a população de amostras do Complexo Quirino.	111
Tabela 6.5	Razões entre elementos incompatíveis imóveis, caso 2: Série cálcio-alcalina de alto-K.	112
Tabela 6.6	Razões entre elementos incompatíveis imóveis, caso 3: Série cálcio-alcalina de médio-K.	113
Tabela 6.7	Relação dos diversos grupos caracterizados para o Complexo Quirino e suas respectivas amostras, com destaque para aquelas utilizadas em investigação geocronológica U/Pb.	124
Tabela 7.1	Resultados obtidos na análise U-Pb (LA-ICPMS) em zircões de ortognaisse do Complexo Quirino. Amostra BP-IV-53.	132
Tabela 7.2	Resultados obtidos na análise U-Pb (LA-ICPMS) em zircões de ortognaisse do Complexo Quirino. Amostra EC-II-2002-6.	138
Tabela 7.3	Resultados obtidos na análise U-Pb (LA-ICPMS) em zircões de ortognaisse do Complexo Quirino. Amostra TR-MM-71A.	145
Tabela 7.4	Resultados obtidos na análise U-Pb (LA-ICPMS) em zircões de ortognaisse do Complexo Quirino. Amostra PS-PM-66.	152
Tabela 7.5	Resultados obtidos na análise U-Pb (LA-ICPMS) em zircões de ortognaisse do Complexo Quirino. Amostra BP-I-40.	159
Tabela 7.6	Resultados obtidos na análise U-Pb (LA-ICPMS) em zircões de ortognaisse do Complexo Quirino. Amostra LE-CM-12.	165
Tabela 7.7	Relação dos grupos do Complexo Quirino com base em dados litogeoquímicos e suas respectivas idades de cristalização U/Pb.	168
Tabela 7.8	Relação dos intervalos metamórficos registrados nas rochas do Complexo Quirino.	171
Tabela 7.9	Resultados obtidos na análise U-Pb (LA-ICPMS) em zircões de quartzito do Grupo Paraíba do Sul. Amostra BAN-09.	175
Tabela 7.10	Resultados obtidos na análise U-Pb (LA-ICPMS) em zircões de quartzito do Grupo Paraíba do Sul – Amostra BP-SV-02.	181
Tabela 7.11	Resultados obtidos na análise U-Pb (LA-ICPMS) em granitóide. Amostra SA -129.	190
Tabela 7.12	Resultados obtidos na análise U-Pb (LA-ICPMS) em zircões de granitóide. Amostra CB-SV-01.	195
Tabela 7.13	Quadro geral das idades U-Pb em zircão para o Terreno Paraíba do Sul.	198
Tabela 8.1	Quadro comparativo entre os terrenos Paraíba do Sul, Embu, e Curitiba.	209
Tabela 8.2	Evolução geológica para o Terreno Paraíba do Sul proposta neste trabalho.	213

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO DA PESQUISA	2
1.1	Introdução	2
1.2	Justificativa do estudo	3
1.2.1	<u>Exposição do problema a ser abordado</u>	3
1.2.2	<u>Objetivos da pesquisa</u>	4
1.3	Localização da área de estudo	5
2	METODOLOGIA DE TRABALHO	9
2.1	Etapa 1 – Levantamento de dados e pesquisa bibliográfica	9
2.2	Etapa 2 – Abordagem petrográfica-petroológica e litogeoquímica	9
2.3	Etapa 3 - Investigação geocronológica U-Pb: coleta e preparação	11
2.3.1	<u>Coleta de amostras</u>	11
2.3.2	<u>Preparação de amostras</u>	14
2.4	Etapa 4 - Investigação geocronológica U-Pb: determinação das idades por LA-ICPMS em zircões	16
2.5	Etapa 5 – Integração dos dados e interpretação	16
3	REVISÃO CONCEITUAL E METODOLOGIA U-Pb POR LA-ICPMS	18
3.1	Séries de decaimento U, Th, Pb	18
3.2	A Concórdia	21
3.3	Parâmetros estatísticos, precisão, acurácia e incertezas analíticas	25
3.4	O uso do zircão	26
3.5	Principais técnicas	26
3.6	Aplicabilidade do U-Pb, LA-ICPMS	28
3.7	Datação LA-ICPMS	29
3.7.1	<u>O equipamento utilizado</u>	29
3.7.2	<u>Procedimento analítico</u>	32
4	CONTEXTO GEOTECTÔNICO	39
4.1	Contexto regional	39
4.2	Evolução tectônica	42
4.2.1	<u>Eventos relativos à porção central da Província Mantiqueira</u>	44
4.2.1.1	Sistema de orógenos Transamazônicos	44
4.2.1.2	Sistema de orógenos Brasileiros	44
4.3	O Orógeno Ribeira	48
4.3.1	<u>Terreno Ocidental</u>	50
4.3.1.1	Embasamento pré-1,8 Ga	51
4.3.1.2	Cobertura pós 1,8 Ga	53
4.3.1.3	Plutonitos Neoproterozóicos	55
4.3.2	<u>Terreno Paraíba do Sul</u>	55
4.3.2.1	Embasamento pré-1,8 Ga: o Complexo Quirino	55

4.3.2.2	Cobertura pós 1,8 Ga: o Grupo Paraíba do Sul	57
4.3.2.3	Plutonitos Neoproterozóicos	58
4.3.3	<u>Terreno Embu</u>	59
4.3.3.1	Embasamento pré-1,8 Ga	60
4.3.3.2	Cobertura pós 1,8 Ga	61
4.3.3.3	Plutonitos Neoproterozóicos	62
4.3.4	<u>Terreno Oriental</u>	63
4.3.4.1	Cobertura pós 1,8 Ga	64
4.3.4.2	Plutonitos Neoproterozóicos	65
4.3.5	<u>Terreno Cabo Frio</u>	66
4.3.5.1	Embasamento pré-1,8 Ga e cobertura pós-1,8 Ga	67
5	ASPECTOS DE CAMPO E PETROGRAFIA	71
5.1	Complexo Quirino	71
5.2	Grupo Paraíba do Sul	84
6	LITOGEOQUÍMICA	90
6.1	Tratamento dos dados litogeoquímicos	90
6.2	Geoquímica dos ortognaisses do Complexo Quirino	90
6.2.1	<u>Características geoquímicas das séries alto-K e médio-K do Complexo Quirino.</u>	96
6.3	Geoquímica dos granitóides neoproterozóicos	97
6.4	Ambientes geotectônicos	98
6.5	Comparação com ambientes modernos	99
6.6	Avaliação petrogenética	101
6.6.1	<u>Abordagem com base em elementos maiores e traços</u>	101
6.6.2	<u>Abordagem com base em ETR</u>	110
6.6.2.1	Caso 1	111
6.6.2.2	Caso 2	112
6.6.2.3	Caso 3	113
6.6.3	<u>Identificação de grupos afins</u>	114
6.6.3.1	Série de alto-K	114
6.6.3.2	Série de médio-K	118
6.7	Conclusões	122
7	GEOCRONOLOGIA U-Pb	126
7.1	Introdução	126
7.2	Complexo Quirino	127
7.2.1	<u>Série alto-K</u>	127
7.2.1.1	Grupo 2 – Amostra BP-IV-53	127
7.2.1.2	Grupo 3 – Amostra EC-II-2002-6	134
7.2.1.3	Grupo 4 – Amostra TR-MM-71A	140
7.2.1.4	Grupo 5 – Amostra PS-PM-66	147
7.2.2	<u>Série médio-K</u>	154
7.2.2.1	Grupo 2 – Amostra BP-I-40	154

7.2.2.2	Grupo 3 – Amostra LE-CM-12	161
7.2.3	<u>Discussão dos resultados: geocronologia do Complexo Quirino</u>	167
7.2.3.1	Idades de cristalização e de herança	167
7.2.3.2	Eventos metamórficos	169
7.3	Grupo Paraíba do Sul	172
7.3.1	<u>Quartzitos</u>	172
7.3.1.1	Amostra BAN-09	172
7.3.1.2	Amostra BP-SV-02	177
7.3.2	<u>Discussão dos resultados: idades de proveniência da Bacia Paraíba do Sul</u>	184
7.4	Granitóides Neoproterozóicos	187
7.4.1	<u>Amostra SA-129A</u>	187
7.4.2	<u>Amostra CB-SV-01</u>	191
7.4.3	<u>Discussão dos Resultados: granitóides Neoproterozóicos</u>	196
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	200
8.1	Correlações regionais	200
8.1.1	<u>Correlações referentes ao metamorfismo regional</u>	202
8.1.2	<u>Correlações com o Terreno Embu e Curitiba</u>	207
8.2	Evolução geológica do Terreno Paraíba do Sul	210
8.2.1	<u>Do Paleoproterozóico ao Mesoproterozóico</u>	210
8.2.2	<u>Influência da Orogênese Brasileira no Terreno Paraíba do Sul</u>	211
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	214
	ANEXO 1 – Tabela de coordenadas dos pontos amostrados.	
	ANEXO 2 – Procedimento de coloração de rocha para distinção de feldspatos	
	ANEXO 3 – Petrografia das amostras utilizadas para geoquímica.	
	ANEXO 4 – Tabelas de composição química para as rochas amostradas do Complexo Quirino.	
	ANEXO 5 – Mapas de compartimentação tectônica do Segmento Central do Orógeno Ribeira com localização dos pontos amostrados e dados U-Pb obtidos.	

ANEXO 6 – Tabela descritiva dos zircões e posição dos *spots*.

ANEXO 7 – Método de regressão