

## **DEDICATÓRIA**

À memória dos meus avôs e dos meus irmãos Olímpio Roberto Chaúque e Clara Roberto Chaúque. Uma dedicação especial ao meu filho Shelton Francisco, meus sobrinhos Abílio Olímpio e Cleiton João. Finalmente aos meus pais, exemplos de pilares implacáveis.

## **AGRADECIMENTOS**

A concretização deste projeto de pesquisa contou com inestimável cooperação de instituições e pessoas, prestada na forma de auxílios financeiros e de serviços.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, através do Programa de Estudantes-Convênio de Pós-Graduação-PEC-PG, pelo governo Moçambicano, agradeço a concessão de bolsa de estudos que possibilitou a consecução desta dissertação.

Ao meu orientador Prof. Dr. Umberto Giuseppe Cordani, vai todo mérito, pela oportunidade que me proporcionou de realizar estudos de pós-graduação e acima de tudo pelas excelentes instruções e acompanhamento que como orientador se dispôs incansavelmente no decurso de formação acadêmica.

Meu reconhecimento vai também ao Ministério dos Recursos Minerais através da Direção Nacional de Geologia, por todo auxílio técnico-financeiro prestado para concretização do projeto de pós-graduação.

Extensivos agradecimentos ao Departamento de Geologia da Universidade Eduardo Mondlane, na pessoa do Dr. Daude Jamal, pelas amostras cedidas e pelo apoio incondicional aquando da elaboração do projeto que foi o objeto do estudo para o presente trabalho.

À Direção Provincial dos Recursos Minerais de Tete e Empresa Gondwana através do Dr. Reinaldo Matchola pela sua contribuição na coleção de amostras.

Expresso o meu obrigado ao Centro Mineral Sul-Leste Africano (SEAMIC) por ter disponibilizado o uso dos seus Laboratórios Químico e Mineralógico para fins de preparação das amostras que incluiu a confecção das seções delgadas e trituração das amostras para análises química e isotópica. Ao pessoal técnico de preparação que direta ou indiretamente esteve envolvido no trabalho e especialmente ao Dr. Matemo, responsável pelo Laboratório Mineralógico, vai o meu grande apreço pelas instruções e toda atenção prestada durante a preparação das amostras.

Ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, sou grata pela formação acadêmica recebida e pelo apoio logístico de sua estrutura laboratorial; Aos seus professores pelas orientações adquiridas em diversas disciplinas, especialmente a Profª. Dra. Maria Helena Bezerra Maia de Hollanda pela disposição nas correções da língua portuguesa em trabalhos realizados ao longo da formação

Ao Prof. Dr. Excelso Rubert, agradeço imensamente o inestimável apoio nas descrições petrográficas e mineralógicas.

Ao pessoal técnico do Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP, Arthur, Helen, Ivone, Solange, Vasco e Liliane pela colaboração na parte de preparação das amostras e nas diversas técnicas analíticas da geocronologia; ao pessoal técnico do Laboratório Químico do Departamento de Mineralogia e Geotectônica, Paulo de XRF e Sandra de ICP; ao Marcos, do Laboratório de Microsonda

Meus agradecimentos dirigem-se igualmente ao Departamento de Geologia Económica da Direção Nacional de Geologia especialmente, Carlos Dinís, Carlitos Almeida, Issufo Zaquir, Vicente Manjate, Salomão Eliote e Castigo pela coleta de amostras e ao Departamento dos serviços, Cardoso Chemane e Conjo, pelo apoio na aquisição de cartas geológicas. Um apreço especial e admiração ao Grácio Cune e ao Katuane, espelhos de fonte de inspiração para aprendizagem e aquisição de experiência.

E finalmente Endereço a minha gratidão aos colegas do curso de Geoquímica e Geotectônica, em particular à Marta Edith e Gabriela, pela colaboração prestada no laboratório de extração do argônio; ao Estévão Sumburane, Filepe e Veridiana pelas instruções em vários software e discussões enriquecedoras no decurso da pesquisa.

## RESUMO

CHAÚQUE, F. R. (2008). Estudo geocronológico, litogeoquímico e de geoquímica isotópica de alguns carbonatitos e rochas alcalinas de Moçambique. 114 f. Dissertação (Mestrado)- Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Vários complexos intrusivos de rochas alcalinas e carbonatitos ocorrem na região centro-oeste de Moçambique e estão intimamente relacionados ao Sistema do Rifte da África Oriental. Correspondem a atividades ígneas anorogênicas e cortam o embasamento pré-Cambriano da Cadeia Moçambicana. Destes, foram estudadas algumas amostras de seis complexos carbonatíticos (Xiluvo, Muambe, Muande, Fema, Rio Mufa e Evate) e três sieníticos (Chiperone, Tumbine e Salambidua). Os carbonatitos são caracterizados por uma grande predominância de carbonatos, mais apatita, flogopita e raramente anfíbólio. O de Xiluvo apresenta, além disso, minerais típicos de terras raras e pirocloro. O sienito de Chiperone tem como constituinte principal nefelina, enquanto que os dois restantes são compostos essencialmente, de K-feldspatos peritíticos. Todos têm como componentes subordinados anfibólios, piroxênio, biotita e apatita. Idades K-Ar das rochas sieníticas, obtidas em anfíbólio e biotita, por volta de 118 Ma, apontam o Cretáceo Inferior como período de colocação dos sienitos de Tumbine e Salambidua, enquanto que o sienito de Chiperone resultou muito mais antigo, com aproximadamente 450 Ma. Estes valores confirmam idades radiométricas anteriores, relacionadas com a Província de Chilwa em Malawi. Dados litogeoquímicos destacam dois grupos distintos entre as amostras dos carbonatitos estudadas. Xiluvo, Muambe e Evate situam-se no campo dos carbonatitos cálcicos, enquanto que Fema, Muande e Rio Mufa situam-se no campo dos carbonatitos ferromagnesianos. Os padrões de distribuição de elementos menores e de terras raras são similares àqueles definidos para diversas ocorrências congêneres. Foi analisada também, por comparação, uma amostra carbonática do mármore de Chíduè, tirando a amostra de Chíduè a qual mostrou-se quimicamente diferente, com concentrações muito baixas em praticamente todos elementos. Por outro lado as amostras do Xiluvo exibem os mais elevados teores na maior parte dos elementos. Quanto à geoquímica isotópica, os carbonatitos exibem uma correlação negativa no diagrama  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs.  $\epsilon_{\text{Nd}(0)}$  e indicam a existência de pelo menos dois tipos de fontes. Uma delas, correspondendo aos complexos de Xiluvo e Muambe, com  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  de cerca de 0.703 e  $\epsilon_{\text{Nd}}$  com valores positivos, poderia ser astenosférica. A outra fonte, relativa aos demais complexos, apresenta valores negativos de  $\epsilon_{\text{Nd}}$  entre (-4) e (-8), e valores moderadamente elevados de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , entre 0.705 e 0.708. A interpretação dos dados geoquímicos isotópicos levou à hipótese de misturas de fontes mantélicas diferentes, bem como possibilidades de contaminação crustal.

Palavras-Chave: Geoquímica isotópica, geocronologia, Moçambique

## ABSTRACT

CHAÚQUE, F. R. (2008). Geochronology, lithogeochemical, and isotope geochemistry study of some carbonatites and alkaline rocks of de Mozambique. 114 f. Dissertation (Msc)- Geoscience's Institute, University of São Paulo, São Paulo.

Several Syenitic and carbonatitic alkaline complexes occur in central-western region of Mozambique and are related to the East African Rift System. They correspond to anorogenic igneous activities and intrude the Precambrian basement of the Mozambique belt. Of these, six carbonatites (Xiluvo, Muambe, Muande, Fema, Rio Mufa and Evate) and three syenites (Chiperone, Tumbine and Salambidua) were studied. The carbonatites exhibit a great predominance of carbonates, plus apatite, phlogopite and some amphibole. Xiluvo, Muambe and Rio Mufa in addition, include typical minerals of REE and pyrochlore. The Chiperone syenite exhibits nepheline as the main constituent, while the two other are mainly composed of perthitic K-feldspar. All them present amphibole, pyroxene, biotite and apatite as subordinate constituents. K-Ar ages for the Tumbine and Salambidua syenites, obtained in amphibole and biotite, with around 118 Ma, indicate the Lower Cretaceous as the period of placement. However, the Chiperone syenite yielded a much older age around 450 Ma. These values are compatible with earlier radiometric dates, related to the Chilwa Ineous Province of Malawi. On lithogeochemistry, two groups can be envisaged within the carbonatites. One of them includes the calcium carbonatites of Xiluvo, Muambe end Evate, and the other includes the ferromagnesian carbonatites of Fema, Muande and Rio Mufa. The distribution patherns of trace and REE elements are similar to those of normal carbonatites. A sample of the Chíduè marmor was also analyzed, for comparison, and yielded much lower concentrations for most elements. On the other hand, the Xiluvo samples yielded the highest contents for practically all trace and REE elements. The carbonatites exhibit a negative correlation in the  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs.  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  diagram, and indicate the existence of at least two different sources. One of them, corresponding to the Xiluvo and Muambe complexes, yielded  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  values around 0.703 and positive  $\epsilon_{\text{Nd}}$ , indicating a possible astenospheric source. The second source, for the other complexes, presents negative values of  $\epsilon_{\text{Nd}}$  between (-4) e (-8) and moderately high values of  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  between 0.705 and 0.708. The interpretation of the geochemical isotopic data leads to the hypothesis of mixtures of mantles sources, as well as some possibility of crustal contamination.

Keywords: Isotope geochemistry, geochronology, Mozambique

## ÍNDICE DAS FIGURAS

<b>Figura.2.1-</b> Diagrama multi-elementos de elementos de terras raras para os padrões JG-3 e JR-1. Elementos normalizados segundo os condritos C1 de Sun & McDonough (1989).....	23
<b>Figura 3.1-</b> Mapa esquemático de localidades alcalinas e carbonatitos no sul da África (adaptado do Kapustin, 1971 e Bell, 1989).....	24
<b>Figura 3.2-</b> Histograma de frequência versus idade de complexos alcalinos e carbonatitos do sul da África (dados compilados de trabalhos anteriores, tabela 1 do apêndice).....	26
<b>Figura 3.3-</b> Histograma de frequência versus idade de complexos alcalinos e carbonatitos do Mesozóico a recente do sul da África (dados compilados de trabalhos anteriores, tabela 1 do apêndice).....	30
<b>Figura 4.1.</b> Mapa geológico simplificado do norte de Moçambique mostrando principais unidades lito-tectônicas. Inserções indicam a localização de corpos carbonatíticos e sieníticos amostrados (modificado de Jamal, 2005).....	32
<b>Figura 4.2-</b> Mapa geológico da série de Tete ilustrando os maciços carbonatíticos de Rio Mufa, Fema e Muande, e mármores da Formação de Chíduè (modificado de GTK Consórcio, 2006).....	37
<b>Figura 4.3-</b> fotografia ilustrando mineralizações de magnetita e apatita.....	38
<b>Figura 4.4-</b> Mapa geológico do monte Muambe (adaptado do Woolley, 2001).....	39
<b>Figura 4.5-</b> Mapa geológico regional e do complexo carbonatítico de Xiluvo (adaptado do Woolley, 2001 e da carta geológica de Moçambique, escala 1:1000 000, 1987).....	41
<b>Figura 4.6-</b> Mapa geológico simplificado da estrutura do Monapo (adaptado da carta geológica de Moçambique, escala 1:1000 000, 1987).....	42
<b>Figura 4.7-</b> Fotografia mostrando um afloramento do carbonatito de Evate.....	42
<b>Figura 4.8-</b> A inserção mostra a localização da Província Alcalina de Chilwa, no extremo sul do Sistema do Vale do Rife da África Oriental. A área demarcada na inserção é mostrada no diagrama maior. O diagrama maior ilustra a geologia regional e distribuição dos carbonatitos e maiores intrusões de sienitos e sienitos nefelínicos (adaptado do Simonetti & Bell, 1994 e Bloomfield, 1965).....	44

<b>Figura 4.9-</b> Mapa geológico do Maciço sienítico do Monte Salambidua. 1- talus, 2- aluvião, 3-sienito pegmatítico, 4- sienitos, 5- sedimentos do Karoo, 6- complexo granito-gnaiss, 7- lineações e 8- fraturas devido ao arefhecimento (modificado do Belgrad, 1984).....	45
<b>Figura 5.1-</b> A) Diagrama de classificação para piroxênios segundo Morimoto (1989). O gráfico define os quatro grupos de piroxênios: os do quadrilátero $Mg_2Si_2O_6(En)$ - $Fe^{2+}Si_2O_6(Fs)$ - $CaMgSi_2O_6(Di)$ - $CaFe^{2+}Si_2O_6(Hd)$ denominado Quad, os sódico-cálcicos, os sódicos e outros que incluem minerais de Mn-Mg-Li. B) diagrama ternário de classificação En-Fs-Wo (Morimoto, 1989), onde: $En = 100Mg / (Ca + Mg + Fe^{2+} + Fe^{3+} + Mn + Na)$ , $Fs = 100(Fe^{2+} + Fe^{3+} + Mn) / 100Mg / (Ca + Mg + Fe^{2+} + Fe^{3+} + Mn + Na)$ e $Wo = 100Ca / (Ca + Mg + Fe^{2+} + Fe^{3+} + Mn + Na)$ .....	51
<b>Figura 5.2-</b> Diagramas de classificação de Leake (1997) para anfibólios cálcicos de amostras de sienitos de Tumbine e de Salambidua. Simbologia como na figura 5.1.....	52
<b>Figura 5.3-</b> Diagramas Mg-Al-Fe e (Al+Ti)-Mg-( $Fe^{2+} + Mn$ ) segundo Rock (1982)-A e Foster (1960)-B para biotitas de alcali feldspatos sienitos de Salambidua e Tumbine.....	54
<b>Figura 6.1-</b> Projeção das amostras de alguns carbonatitos de Moçambique no diagrama CaO-MgO-(FeO+MnO) (segundo Woolley & Kempe, 1989).....	64
<b>Figura 6.2-</b> Diagrama multi-elementos incompatíveis para rochas carbonáticas. Elementos normalizados em relação ao manto primitivo (Sun & McDonough, 1989).....	65
<b>Figura 6.3-</b> Diagrama multi-elementos de elementos terras raras para rochas carbonáticas. Elementos normalizados segundo os condritos C1 de Sun & McDonough (1989). Símbolos como na figura 6.2.....	68
<b>Figura 8.1-</b> Diagrama de correlação dos isótopos $\epsilon_{Nd}$ vs $^{87}Sr/^{86}Sr$ , mostrando os principais reservatórios do Ziegler & Hart (1986) e a projeção das razões dos carbonatitos de Moçambique e de outras regiões da África Oriental (Uganda, Quênia, Tanzânia, Zâmbia) incluindo Namíbia.....	78
<b>Figura 9.1-</b> Idades dos sienitos de Salambidua, Tumbine, Chipirone e do carbonatito de Rio Mufa (em círculo) e de outros complexos alcalinos e carbonatitos do leste da África, obtidas do Woolley (2001).....	82
<b>Figura 9.2-</b> Histograma de idade versus número de casos de complexos alcalinos e carbonatitos do sul da África para o período <300 Ma (dados compilados de trabalhos	

anteriores, tabala 1 do apêndice).....	83
<b>Figura 9.3-</b> Projeção dos carbonatitos do sul-leste da África no diagrama CaO-MgO-(FeO <sub>t</sub> +MnO) (segundo Woolley & Kempe,1989).....	84
<b>Figura 9.4-</b> Distribuição dos carbonatitos do sul-leste da África no diagrama triangular (SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )-(N <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)-CaO.....	85



## ÍNDICE DAS FOTOMICROGRAFIAS

<b>Fotomicrografia 5.1</b> (álcali-feldspatos sienito de Salambidua-SA/06)- Piroxênio de pleoclorismo verde-verde claro com bordas de reação de anfíbólio e biotita. Observar agregados de anfíbólio no extremo esquerdo e cristais de biotita do lado diereito do grão central de piroxênio. Objetiva 4X, comprimento da foto 3.25 mm, polarizadores paralelos, intensidade da luz 6, sem condensador.....	48
<b>Fotomicrografia 5.2</b> (álcali-feldspato sienito de Tumbine-5588)- Cristais de biotita com inclusões de apatita e titanita. Objetiva 1.25X, comprimento da foto 10.40 mm, polarizadores paralelos, intensidade da luz 4, sem condensador.....	48
<b>Fotomicrografia 5.3</b> (álcali-feldspato sienito de Tumbine-5488)- Observar titanita nas bordas de opacos e um cristal isolado na parte inferior direita. Objetiva 4X, aumento intermediário 1.25, comprimento da foto 2.60 mm, polarizadores paralelos, intensidade da luz 11, sem condensador.....	49
<b>Fotomicrografia 5.4</b> (nefelina sienito de Chiperone-13FR)- Cristal de biotita no canto superior esquerdo e anfibólios no lado direito. Ambos com intercrescimento albítico. Objetiva 4X, comprimento da foto 3.25 mm, polarizadores paralelos, intensidade da luz 4, sem condensador.....	50
<b>Fotomicrografia 6. 1</b> (calciocarbonatito de Evate-12FR)- Cristais finos neoformados, constituídos de quartzo+apatita+opacos. Objetiva 1.25X, aumento intermediário 1.25, comprimento da foto 8.32 mm, polarizadores cruzados, intensidade da luz 12, sem condensador.....	57
<b>Fotomicrografia 6. 2</b> (calciocarbonatito de Xiluvo-04/05)- Pirocloro idiomórfico de coloração castanho-escuro incluso em carbonato calcítico. Objetiva 10X, aumento intermediário 2, comprimento da foto 0.65 mm, polarizadores paralelos, intensidade da luz 10.....	57
<b>Fotomicrografia 6.3</b> (calciocarbonatito de Xiluvo-05/05)- Abundante fluorcarbonatos de terras raras, na forma de fibras alongadas e concentradas em feixes, geralmente impregnados por óxidos hidratados de ferro. Objetiva 10X, aumento intermediário 2 comprimento da foto 0.65 mm, polarizadores cruzados, intensidade da luz 12, sem condensador.....	58

<b>Fotomicrografia 6.4</b> (calciocarbonatito de Xiluvo-05/05)- Cristais aciculares de aegerina. Objetiva 10X, aumento intermediário 2, comprimento da foto 0.65 mm, polarizadores cruzados, intensidade da luz 6, com condensador.....	58
<b>Fotomicrografia 6.5</b> (magnésiocarbonatito de Fema-3FR)- Textura porférica com xenocristais de carbonatos em matriz fina carbonática. Objetiva 4X, aumento intermediário 2, comprimento da foto 1.63 mm, polarizadores paralelos, intensidade da luz 8, sem condensador.....	60
<b>Fotomicrografia 6.6</b> (ferrocarbonatito de Rio Mufa-6FR)- Carbonatos xenomórficos com exsolução de óxidos hidratados de ferro nas bordas e nas clivagens. Objetiva 4X, comprimento da foto 3.25 mm, polarizadores paralelos, intensidade da luz 8, sem condensador.....	60
<b>Fotomicrografia 6.7</b> (ferrocarbonatito de Rio Mufa-6FR)- Richterita em seção basal, com relíquias de flogopita nas bordas. Objetiva 10X, aumento intermediário 1.25, comprimento da foto 1.04 mm, polarizadores cruzados, intensidade da luz 10, sem condensador.....	61
<b>Fotomicrografia 6.8</b> (ferrocarbonatito de Rio Mufa-6FR)- Pequenos cristais de monazita, com alta birefringência, nos interstícios carbonato-carbonato e carbonato-apatita. Objetiva 4X, aumento intermediário 2, comprimento da foto 1.63 mm, polarizadores cruzados, intensidade da luz 9, sem condensador.....	61
<b>Fotomicrografia 6.9</b> (rocha carbonática de Chíduè-Ch2FR)- Cristais opacos idiomórficos. Objetiva 4X, aumento intermediário 2, comprimento da foto 1.63 mm, polarizadores paralelos, intensidade da luz 8, sem condensador.....	62

## ÍNDICE DAS TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> - Relação de amostras e proveniência.....	20
<b>Tabela 4.1</b> - Análises XRF de mármore e carbonatitos associados à Formação de Chíduè (extraída de GTK Consórcio, 2006).....	36
<b>Tabela 5.1</b> - Descrição petrográfica das amostras estudadas de sienitos de Tumbine, Salambidua, Chiperone.....	47
<b>Tabela 7.1</b> - Resultados de datação K-Ar de alguns sienitos e um carbonatito de Moçambique.....	73
<b>Tabela 8.1</b> - Dados isotópicos de Sr e Nd de alguns carbonatitos de Moçambique.....	77
 <u>Apêndice:</u>	
<b>Tabela 1</b> - Compilação de idades determinadas em rochas alcalinas e alguns carbonatitos no sul da África.....	98
<b>Tabela 2</b> - Composição química de anfibólios, piroxênios e biotitas da amostra (SA/06) do sienito de Salambídua (% peso).....	106
<b>Tabela 3</b> - Composição química de anfibólios, piroxênios e biotitas da amostra (5488) do sienito de Tumbine (% peso).....	107
<b>Tabela 4</b> - Descrição petrográfica de amostras de alguns carbonatitos e da rocha carbonática de Chíduè.....	108
<b>Tabela 5</b> - Composição química de alguns carbonatitos de Moçambique, incluindo o mármore de Chíduè.....	109
<b>Tabela 6</b> - Composição química das calcitas, apatitas e dos fluocarbonatos de ETR da amostra (05/05) do carbonatito de Xiluvo (% peso).....	110
<b>Tabela 7</b> - Composição química de calcitas, dolomitas, apatitas, flogopitas e anfibólios da amostra (6FR) do carbonatito de Rio Mufa (% peso).....	111
<b>Tabela 8</b> - Composição química de calcitas, dolomitas, e apatitas da amostras (3FR) do carbonatito de Fema (% peso).....	112
<b>Tabela 9</b> - Composição química de calcitas, dolomitas, e apatitas da amostra (1FR) do carbonatito de Muande (% peso).....	113

<b>Tabela 10-</b> Composição química de calcitas e dolomitas, das amostras do carbonatito do Muambe (010/06) e do mármore do Chídue (Ch2FR) (% peso).....	114
---	-----

## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	2
AGRADECIMENTOS.....	3
RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
ÍNDICE DAS FIGURAS.....	7
ÍNDICE DAS FOTOMICROGRAFIAS.....	10
ÍNDICE DAS TABELAS.....	12
SUMÁRIO.....	14
1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1. Considerações preliminares.....	17
1.2. Objetivos.....	18
2. METODOLOGIA.....	19
2.1. Obtenção de amostras.....	19
2.2. Preparação das amostras.....	20
2.3. Petrografia.....	21
2.4. Química mineral.....	21
2.5. Química isotópicaSr e Nd.....	22
2.6. Geocronologia K-Ar.....	22
2.7. Química de rochas.....	23
3. CARBONATITOS E ROCHAS ALCALINAS NA ÁFRICA.....	24
3.1. Eventos tectono-termiais associados a rochas alcalinas e carbonatitos do sul da África.....	26
3.1.1. <i>Eventos tectono-termiais do Paleoproterozóico (2200-2000 MA)</i> .....	27
3.1.2. <i>Eventos tectono-termiais do Mesoproterozóico (1400-1300 e 1300-1050 MA)</i> .....	28
3.1.3. <i>Eventos tectono-termiais do Neoproterozóico (1050-450 MA)</i> .....	28
3.1.4. <i>Atividade anorogênica Meso-Cenozóica</i> .....	29
4. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO.....	31
4.1. Geologia do norte de Moçambique.....	31
4.2. Carbonatitos de Moçambique e rochas alcalinas associadas.....	34

4.2.1. Carbonatitos de Fema-Muande-Rio Mufa.....	34
4.2.2. Carbonatito de Muambe.....	38
4.2.3. Carbonatito de Xiluvo.....	40
4.2.4. Carbonatitos de Evate.....	41
4.2.5. Intrusão sienítica de Tumbine.....	43
4.2.6. Intrusão sienítica de Chiperone.....	43
4.2.7. Intrusão de Salambidua.....	44
5. CARACTERIZAÇÃO DOS SIENITOS DE MOÇAMBIQUE.....	46
5.1. Petrografia.....	46
5.1.1. Tumbine(5488; 5489) e Salambidua (SA/06).....	46
5.1.2. Chiperone (13FR).....	49
5.2. Química mineral.....	50
5.2.1. Piroxênios.....	51
5.2.2. Anfibólios.....	52
5.2.3. Micas.....	53
6. CARACTERIZAÇÃO DOS CARBONATITOS DE MOÇAMBIQUE.....	55
6.1. Petrografia.....	55
6.1.1. Xiluvo (04/05; 05/05), Muambe (010/06) e Evate (12FR).....	55
6.1.2. Fema (3FR), Muande (1FR) e Rio Mufa (6FR).....	59
6.2. Litogeoquímica.....	63
6.2.1. Química de elementos maiores.....	63
6.2.2. Química de elementos menores.....	65
6.2.3. Elementos de terras raras.....	67
6.3. Química mineral.....	68
6.3.1. Carbonatos.....	68
6.3.2. Apatita.....	70
6.3.3. Anfibólios.....	71
6.3.4. Micas.....	71
7. GEOCROLOGIA K-Ar.....	72
8. GEOQUÍMICA ISOTÓPICA Sr-Nd.....	75
9. CONSIDERAÇÕES INTERPRETATIVAS NA ESCALA MAIOR.....	80

9.1. Correlações geocronológicas.....	80
9.2. Os carbonatitos e rochas alcalinas de Moçambique no contexto litogeoquímico regional.....	83
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
APÊNDICE: Dados petrográficos, análises de química mineral e de RT de amostras estudadas e idades compiladas das rochas alcalinas e alguns carbonatitos do Sul da África..	97