



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

**PETROGRAFIA, QUÍMICA MINERAL E GEOQUÍMICA
DAS ROCHAS CALCIOSSILICÁTICAS DO DOMÍNIO
MACURURÉ, SISTEMA OROGÊNICO SERGIPANO**

Alysson Felipe Bezerra Lôbo

Orientador: Dr. Herbet Conceição

Coorientadora: Dra. Maria de Lourdes da Silva Rosa

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias

São Cristóvão - SE
2019

Alysson Felipe Bezerra Lôbo

**PETROGRAFIA, QUÍMICA MINERAL E GEOQUÍMICA
DAS ROCHAS CALCIOSSILICÁTICAS DO DOMÍNIO
MACURURÉ, SISTEMA OROGÊNICO SERGIPANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias da Universidade Federal de Sergipe, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geociências.

Orientador: Dr. Herbet Conceição

Coorientadora: Dra. Maria de Lourdes da Silva Rosa

São Cristóvão - SE
2019

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

P654p

Dissertação (mestrado em Geociências e Análise de Bacias) –
Universidade Federal de Sergipe, 2019.

1. Geologia. 2. Petrologia. 3. Geoquímica. 4. Calciossilicáticas. 5.
Cinturões orogênicos – Sergipe. I. Conceição, Herbert, orient. II. Título.

CDU 552.3(813.7)

**PETROGRAFIA, QUÍMICA MINERAL E GEOQUÍMICA
DAS ROCHAS CALCIOSSILICÁTICAS DO DOMÍNIO
MACURURÉ, SISTEMA OROGÊNICO SERGIPANO**

por:

Alysson Felipe Bezerra Lôbo
(Geólogo, Universidade Federal de Sergipe – 2016)

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

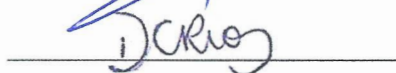
Submetida em satisfação parcial dos requisitos ao grau de:

MESTRE EM GEOCIÊNCIAS

BANCA EXAMINADORA:



Dr. Herbet Conceição [Orientador – UFS]



Dra. Débora Correia Rios [Membro Externo – UFBA]



Dra. Jailma Santos de Souza de Oliveira [Membro Externo – UFBA]



Dr. Luiz Alberto Vedana [Membro Interno – UFS]

Data Defesa: 24/08/2019

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Izabel e Abiner Lobo, ao meu irmão Adriano e a minha namorada Deyse dedico esta pesquisa. Vossas presenças durante esta jornada tornaram tudo menos difícil. Agradeço do fundo do meu coração!

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a Deus por ter me ajudado a superar as dificuldades e a tornar possível a realização de um sonho muito importante para mim.

Agradeço a minha família, por sua capacidade de acreditar e investir em mim. À minha mãe Izabel Lobo, que seu cuidado e dedicação foi que deram a esperança para seguir. A meu pai Abiner Lobo, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada. A meu irmão Adriano Lobo que também sempre esteve presente. A minha namorada Deyse, obrigado pelo amor, paciência, incentivo, pela força e que de forma especial e carinhosa me deu força e coragem, me apoiando nos momentos de dificuldades sempre.

A elaboração deste trabalho foi possível graças à colaboração de diversas pessoas e instituições que colaboraram, orientaram e me incentivaram a acreditar nos objetivos deste trabalho.

A FAPITEC pela concessão da bolsa de mestrado. Ao CNPq e a CAPES e pelo apoio financeiro. Ao PGAB (Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias) e LAPA (Laboratório de Petrologia Aplicada à Pesquisa Mineral), a Universidade Federal de Sergipe e Departamento de Geologia (UFS) por toda infraestrutura necessária ao desenvolvimento deste trabalho. Ao Serviço Geológico do Brasil, (CPRM) ao Laboratório de Laminação da Superintendência de Salvador do Serviço Geológico do Brasil pela confecção das lâminas delgadas e delgado-polidas.

Aos meus orientadores Herbet Conceição e Maria de Lourdes da Silva Rosa pelo apoio em todas as fases de desenvolvimento deste trabalho e que nunca mediram esforços para auxiliar na elaboração das ideias apresentadas a seguir.

Aos colegas e amigos que fiz no Galpão do PGAB e no LAPA, em especial Danilo Teles, Douglas Oliveira, Herbet Cruz e Maurício Almeida.

A quem não mencionei, mas fez parte do meu percurso eu deixo um profundo agradecimento porque com toda certeza tiveram um papel determinante nesta etapa da minha vida.

Que venha o futuro! Muito obrigado!

EPÍGRAFE

*"Em um Universo que já tem 10 ou 15
bilhões de anos, estamos constantemente
esbarrando em surpresas."
Carl Sagan*

RESUMO

O Domínio Macururé é um pacote metassedimentar que atinge até 13 km de espessura, localiza-se na região central do Sistema Orogênico Sergipano e faz contatos com os outros domínios geológicos deste orógeno por zonas de cisalhamentos. Nos afloramentos dos metassedimentos (ardósias, filitos e quartzitos) e nos xistos desse domínio observa-se a presença de rochas calciossilicáticas formando camadas centimétricas e concordantes com o acamamento sedimentar primário. Nas porções central e leste do Domínio Macururé no Estado de Sergipe o estudo petrográfico identificou a presença de três grupos distintos de rochas calciossilicáticas. No primeiro grupo, as rochas preservam a mineralogia e estrutura sedimentares, sendo formadas por fragmentos angulosos de rocha, fenoblastos de quartzo e muscovita imersos em matriz de granulação fina. O segundo grupo é composto por amostras que mostram as feições do metamorfismo regional, e aparentemente é o tipo mais abundante, e os minerais presentes são: diopsídio, hornblenda, quartzo, muscovita, minerais opacos e zircão. O terceiro grupo é formado por amostras que apresentam texturas de metamorfismo estático e as rochas são formadas por quartzo, hornblenda, granada, muscovita, biotita, plagioclásio, carbonato, muscovita, zoisita, tendo como minerais acessórios são apatita, ilmenita, zircão. O plagioclásio destas rochas apresenta composições variando albita a oligoclásio, anfibólios (Mg-hornblenda, edenita, tschermakita); a mica marrom corresponde a biotita e flogopita; epídotos (Al-epídoto e zoisita) e as granadas apresentam composições indicativas de equilíbrio nas fácies xisto verde e anfíbolito. A geoquímica evidenciou que as rochas estudadas não correspondem a rochas calciossilicáticas típicas, pois apresentam conteúdos maiores de Al_2O_3 , comparável aos de grauvacas e arcósios. A ambiência da fonte destes sedimentos segundo dados geoquímicos é múltipla e sugere participação importante terrenos de arco (vulcânico e ilha).

Palavras-chave: Calciossilicáticas; Domínio Macururé; Sistema Orogênico Sergipano

ABSTRACT

The Macururé Domain is a metasedimentary package that reaches up to 13 km thick, is located in the central region of the Sergipano Orogenic System and makes contacts with the other geological domains of this orogen by shear zones. In the outcrops of the metasediments (slates, phyllites and quartzites) and in the shales of this domain, the presence of calc-silicate rocks forming centimetric layers is in agreement with the primary sedimentary bedding. In the central and eastern portions of the Macururé Domain in the State of Sergipe, the petrographic study identified the presence of three distinct groups of chalky silicate rocks. In the first group, the rocks preserve the sedimentary mineralogy and structure, being formed by angular rock fragments, quartz and muscovite phenoblasts immersed in fine-grained matrix. The second group consists of samples that show the features of regional metamorphism, and apparently is the most abundant type, and the minerals present are diopside, hornblende, quartz, muscovite, opaque minerals and zircon. The third group is formed by samples that have static metamorphic textures and the rocks are formed by quartz, hornblende, garnet, muscovite, biotite, plagioclase, carbonate, muscovite, zoisite, having as accessory minerals apatite, ilmenite, zircon. The plagioclase of these rocks presents compositions ranging from albite to oligoclase, amphibole (Mg-hornblende, edenite, tschermakita); brown mica corresponds to biotite and phlogopite; epidotes (Al-epidote and zoisite) and garnets have equilibrium indicative compositions in the green schist and amphibolite facies. The geochemistry showed that the studied rocks do not correspond to typical calc-silicate rocks, since they have higher Al_2O_3 contents, comparable to those of graywacke and arcose. The ambience of the source of these sediments according to geochemical data is multiple and suggests important participation of arc lands (volcanic and island).

Keywords: Calc-silicate, Macururé Domain, Sergipano Orogenic System

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	14
1.1. APRESENTAÇÃO	15
1.2. OBJETIVOS	16
1.3. MATERIAIS E MÉTODOS	16
1.3.1. Levantamento Bibliográfico	17
1.3.2. Missões de Campo e Amostragens	17
1.3.3. Preparação de Amostras	17
1.3.4. Descrição Petrográfica	18
1.3.5. Análises Químicas de Minerais	18
1.3.6. Análises Geoquímicas de Rocha Total	18
1.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
 CAPÍTULO 2. FONTES DOS SEDIMENTOS DAS ROCHAS CALCIOSSILICÁTICAS DAS PORÇÕES CENTRAL E LESTE DO DOMÍNIO MARCURURÉ NO ESTADO DE SERGIPE	 20
Resumo	21
Abstract	21
INTRODUÇÃO	22
GEOLOGIA REGIONAL	22
GEOLOGIA DO DOMÍNIO MACURURÉ	24
MATERIAIS E MÉTODOS	25
RESULTADOS	26
DISCUSSÃO	36
CONCLUSÕES	38
AGRADECIMENTOS	38
REFERÊNCIAS	39
 CAPÍTULO 3. CONCLUSÕES	 44

ANEXO I. NORMAS DE SUBMISSÃO DA REVISTA GEOCIÊNCIAS – USP 46

ANEXO II. COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO CIENTÍFICO 51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Esquema geológico do Sistema Orogênico Sergipano.	24
Figura 2:	Esquema geológico do Domínio Macururé.	26
Figura 3:	Imagens de rochas em campo de rochas calciossilicáticas.	39
Figura 4:	Imagens microscópicas de texturas dos tipos de rochas calciossilicáticas identificadas no Domínio Macururé.	30
Figura 5:	Diagramas triangulares Albita(Ab)-Anortita(An)-Ortoclásio de Dear et al. (1992) para nomear feldspatos aplicado aos cristais analisados de rochas calciossilicáticas do Domínio Macururé.	31
Figura 6:	Diagrama $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ versus Si (átomos por fórmula unitária) de Leak et al. (1997) para classificação de anfibólios cálcicos aplicado aos cristais de rochas calciossilicáticas do Domínio Macururé	32
Figura 7:	Diagrama ^{IV}Al versus $Fe/(Fe+Mg)$ de Dear et al.(1992) para classificação de micas trioctaédricas aplicado aos cristais de mica marrom das rochas calciossilicáticas do Domínio Macururé.	33
Figura 8:	Diagrama Fe^{+3} versus ^{IV}Al de segundo Holdaway (1972) para classificação de cristais do Grupo do Epidoto aplicado aos cristais encontrados nas rochas calciossilicáticas do Domínio Macururé.	34
Figura 9:	Diagrama triangular Al_2O_3 -CaO-(FeO+MgO) de Whals-Trom e Kim (1959) que define o campos das rochas sedimentares pelíticas, grauvaquicas, calciossilicáticas, e de calcárias e dolomíticas aplicado as rochas estudadas.	36
Figura 10:	Diagramas binários SiO_2 -Óxido aplicado as rochas calciossilicáticas estudadas.	38
Figura 11:	Diagramas multielementares com elementos maiores [A] e traços [B] normalizados pela composição da crosta continental de Rudnick e Gao (2003) aplicado as rochas calciossilicáticas do Domínio Maururé.	38
Figura 12:	Diagrama dos elementos terras raras normalizado pelo condrito de Boynton (1984) aplicado as rochas estudadas.	39
Figura 13:	Diagrama binário correlacionado $Log(Na_2O/K_2O)$ versus $Log(SiO_2/Al_2O_3)$ de autor aplicado as rochas calciossilicáticas estudadas.	41
Figura 14:	Diagramas de discriminação tectônica para rochas sedimentares aplicados as rochas calciossilicáticas estudadas. [A] Diagrama $Log(K_2O/Na_2O)$ versus SiO_2 de Roser e Korsch (1986) com campos para fontes originadas por arcos de ilhas, arco vulcânico e margem passiva. [B] Diagrama de discriminação tectônica $Th-Sc-Zr/10$ de Bhatia e Crook (1986). Dados químicos das rochas metassedimentares do Domínio segundo Lima et al. (2014).	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Apresenta os intervalos de variação dos percentuais das moléculas de almandina, glossulária, espessatita e piropo nos cristais de granada analisados das rochas do grupos 2 e 3.	32
Tabela 2.	Variação no conteúdo de anortita no centro e borda de cristais de plagioclásio nas rochas do Grupo 2.	33
Tabela 3.	Análises químicas para amostras representativas de rochas calciossilicáticas estudadas. LOI = perda ao fogo.	37

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO

Este volume apresenta os dados obtidos no projeto de dissertação intitulado “Petrografia, Química Mineral e Geoquímica das Rochas Calciossilicáticas do Domínio Macururé, Sistema Orogênico Sergipano”. A dissertação foi elaborada segundo a estrutura estabelecida pela Resolução Normativa número 01/2018 do Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análises de Bacias da Universidade Federal de Sergipe (PGAB-UFS). Este trabalho está estruturado em três capítulos: Introdução, Artigo científico, Conclusões, Apêndice e Anexos.

O primeiro capítulo apresenta os objetivos e etapas necessária para a confecção do artigo científico. No segundo capítulo apresenta-se o artigo científico que a ser submetido na Revista de Geologia da USP com *Qualis* CAPES B2, no qual são sumariados os principais resultados. No terceiro capítulo são apresentadas as conclusões. O anexo apresenta as normas estabelecidas pela revista para a submissão de artigos.

A definição de rocha calciossilicática utilizada nesse volume é aquela estabelecida pela Subcomissão de Sistematização de Rochas Metamórficas, que faz parte da Comissão de Sistematização em Petrologia da *International Union of Geological Sciences* (Fettes e Desmons, 2014). Essa definição estabelece que os termos rochas cálcio-silicáticas devem corresponder a rochas que contiverem minerais carbonáticos igual ou inferior a 5% em volume e minerais cálcio-silicáticos entre 50% e 100% do volume. Segundo a classificação da SCMR (Fettes e Desmons, 2014), o campo das rochas calciossilicáticas é restrito àquelas que possuem menos que 5% de carbonatos modal. Rochas com mais de 5% de carbonatos estão incluídas no campo das rochas carbonáticas silicosas e um valor de 50% de minerais calciossilicáticos separa as rochas silicáticas com carbonato de rochas calciossilicáticas.

As rochas calciossilicáticas fazem parte do grupo das rochas metacarbonáticas, mas elas não devem conter carbonato superior a 5% de seu volume. Argilitos, arenitos, tufos e evaporitos com carbonato e as margas podem ser protólitos para rochas calciossilicáticas (Fettes e Desmons, 2014). Estas rochas são mais frequentes que os mármore, refletindo assim a abundância relativa de seus protólitos em seqüências sedimentares. Rochas calciossilicáticas e metacarbonáticas ocorrem com abundância em terrenos metamórficos associados a cinturões orogênicos e estão comumente, intercaladas com outros metassedimentos de origem pelítica e siliciclástica.

As reações de descarbonatação que se sucedem durante o metamorfismo dessas rochas geram silicatos ricos em Ca-Mg, principalmente no metamorfismo de alto a médio graus, tais como zoisita, tremolita, grossulária, anfibólio, diopsídio e olivina entre outros (Bucher e Grapes, 2010). Os indicadores metamórficos para rochas calciossilicáticas foram estabelecidos na Escócia (Keneddy, 1949).

1.2. OBJETIVOS

O objetivo geral desta dissertação de mestrado foi estudar a petrologia das rochas calciossilicáticas das parte central e oeste do Domínio Macururé. Os objetivos específicos foram:

- Realizar um levantamento bibliográfico sobre as rochas calciossilicáticas e sobre a geologia regional do Sistema Orogênico Sergipano, particularmente sobre o Domínio Macururé.
- Realizar missões de campo para coleta de dados geológicos e amostras representativas.
- Obter dados de química mineral nas amostras selecionadas para estudo.
- Obter dados de geoquímica de rocha total em amostras representativas
- Inferir a natureza dos protólitos com base em dados petrográficos, de química mineral e geoquímicos;
- Analisar e interpretar as principais assembleias mineralógicas e paragêneses em equilíbrio, para gerar pseudosseções para inferir condições de temperatura e pressão de formação destas rochas.

1.3. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento da pesquisa foi dividido em etapas distintas e complementares visando atingir os objetivos estabelecidos e listados anteriormente. A seguir são apresentados na ordem em que as atividades foram desenvolvidas.

1.3.1. Levantamento Bibliográfico

O início da pesquisa constou da familiarização do significado do termo rocha calciossilicática e suas definições. Recorreu-se as normas sobre a classificação de rochas metamórficas da International Union of Geological Sciences (IUGS, Fettes & Desmons, 2014).

Os levantamentos sobre o Sistema Orogênico Sergipano e o Domínio Macururé foram realizados objetivando conhecer o que existia sobre eles. Este levantamento constou da catalogação e a análise de dados de trabalhos anteriores (p.ex.: teses de doutorado, dissertações de mestrado, artigos científicos e textos básicos de levantamento geológico).

Foi utilizado neste trabalho a compilação de mapeamentos realizada por Pinho Neto (2018), com o seu importantíssimo mapa referência do SOS, onde foi realizada uma compilação dos mapas geológicos dos Estados da Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe.

1.3.2. Missões de Campo e Amostragens

Foram realizadas missões de campo para conhecer as feições geológicas da área de estudo, fazer o registro fotográfico e coleta de amostras. Foram coletados dados de campo e amostras representativas de rochas calciossilicáticas e suas encaixantes.

Nove ocorrências de rochas calciossilicáticas foram utilizadas nos estudos petrográficos e de química mineral. Um total de seis rochas foram analisadas para elementos maiores e traços.

1.3.3. Preparação das Amostras

A preparação das nove amostras estudadas foram feitas no Laboratório de Laminação da Superintendência de Salvador do Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

1.3.4. Descrição Petrográfica

As descrições petrográficas foram realizadas em microscópio petrográfico de marca XJP200 Nanjing Kozo Optical. As imagens feitas com microscópio petrográfico foram obtidas a partir de um microscópio Olympus BX 41, com uma câmera acoplada Olympus SC30, interligado ao Software Cell[^]B Olympus (2008), do Laboratório de Microscopia e Lupas do Departamento de Geologia, da UFS.

A descrição microscópica permitiu identificar a mineralogia presente, com o reconhecimento e descrição das texturas, estruturas, tamanho e morfologia dos cristais, relações de contatos, determinação das paragêneses, inclusões e alterações. A estimativa modal foi elaborada através da estimativa da porcentagem em dos minerais em 15 campos da lâmina e depois feita a média dessas estimativas.

1.3.5. Análises Químicas de Minerais

A obtenção das análises químicas pontuais dos minerais foi obtida utilizando-se espectrômetro de energia dispersiva (EDS), da marca Oxford Instrumentos® (modelo X-Act), que esta acoplado a um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) da marca Tescan® (modelo Vega 3), do Laboratório de Microanálise do Condomínio de Laboratórios Multiusuários das Geociências (CLGeo) da UFS. Esse equipamento tem acoplado além do EDS os detectores de SE, BSE e um EDS.

A lâminas delgado-polida e secções polidas de rochas são naturalmente má condutoras. Ante a isso, esse material foi metalizado com carbono e prata para que pudesse obter imagens e dados de química mineral.

A confiabilidade das análises químicas obtidas foi verificada com análises de padrões internacionais de mineral e óxidos da Astimex.

As condições analíticas foram uma corrente de 20 Kv e um feixe com 17nA. O tempo de contagem médio foi de 30 segundos.

1.3.6. Análises Geoquímicas de Rocha Total

As análises químicas foram realizadas pelo Laboratório Acme (Analytical Laboratories LTD, Canadá) e Laboratório de Fluorescência de Raios X do Laboratório de Microanálise do Condomínio de Laboratórios Multiusuários das Geociências (CLGeo) da UFS.

1.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bucher, K., Grapes, R. (2010). *Petrogenesis of Metamorphic Rocks* (8^a ed). Nova York: Springer-Verlag.
- Connolly, J. A. D. (2005). Computation of phase equilibria by linear programming: A tool for geodynamic modeling and its application to subduction zone decarbonation. *Earth Planet Science Letters*, 236, 524 – 541.
- Fettes D., Desmons J. (2014). *Rochas Metamórficas: classificação e glossário*. Tradução por J. M. dos Reis Neto. São Paulo, Oficina de Textos. 313 p.
- Kennedy, W. Q. (1949). Zones of progressive regional metamorphism in the Moine Schists of the Western Highlands of Scotland. *Geological Magazine*, 8, 43–56.
- Pinho Neto, M. A. (2018). *Petrologia do Batólito Sítios Novos, Domínio Poço Redondo, Sistema Orogênico Sergipano*. Dissertação (Mestrado). São Cristóvão: Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias – UFS.

**CAPÍTULO 2: FONTES DOS SEDIMENTOS DAS ROCHAS
CALCIOSSILICÁTICAS DAS PORÇÕES CENTRAL
E LESTE DO DOMÍNIO MACURURÉ NO
ESTADO DE SERGIPE**

Fontes dos Sedimentos das Rochas Calcissilicáticas das Porções Centro-Leste do Domínio Macururé no Estado de Sergipe, NE Brasil

Fonte das Rochas Calcissilicáticas de Sergipe.

Alysson Felipe Bezerra Lobo¹, Maria de Lourdes da Silva Rosa¹, Herbert Conceição¹

¹Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias, Galpão das Geociências, Universidade Federal de Sergipe, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, CEP 49100-000, São Cristóvão, Sergipe (alyssonlobo@hotmail.com, lrosa@ufs.br, herbet@ufs.br)

Resumo

Rochas calcissilicáticas no Domínio Macururé são comuns e ocorrem como camadas de coloração clara, com alguns centímetros de espessura e com comprimentos de vários metros. Em amostras representativas destas rochas foram obtidos dados petrográficos, e análises químicas de minerais e de rocha total. Os dados obtidos indicam a presença de três conjuntos distintos de rochas calcissilicáticas com texturas indicativas de: (i) metamorfismo regional, o mais abundante; (ii) metamorfismos regional e de contato; e (iii) preservação das texturas do protólito. As paragêneses identificadas são formadas por granada + tschermakita + (oligoclásio-andesina) + quartzo + epidoto, indicam que os metamorfismos regional e de contato chegam as condições da fácies anfibolito. Os cristais de plagioclásio apresentam zonação composicional inversa (oligoclásio-andesina) indicando metamorfismo regional progressivo. A geoquímica evidenciou que as amostras estudadas não correspondem a rochas calcissilicáticas típicas, pois apresentam conteúdos maiores de Al₂O₃, comparáveis com os de grauvas e arcósios. A química dos elementos maiores e traços indicam que as rochas calcissilicáticas tiveram como protólitos rochas de arcos vulcânico e de ilha.

Palavras-chave: Sistema Orogênico Sergipano, rochas calcissilicáticas, arco magmático

Abstract

Calc-silicate rocks in the Macururé Domain are common and occur as light-coloured layers, a few centimetres thick and with lengths of several meters. Petrographic data, chemical analyzes of minerals and whole-rock were obtained from representative samples of these rocks. The data show the presence of three distinct sets of calc-silicate rocks with textures indicative of: (i) regional metamorphism (most abundant); (ii) regional and contact metamorphisms; and (iii) preservation of the texture of the protoliths. The identified paragenesis is formed by garnet + tschermakite + (oligoclase-andesine) + quartz + epidote, indicating that the regional and contact metamorphisms reach the conditions of the amphibolite facies. Plagioclase crystals show inverse compositional zonations (oligoclase-andesine) indicating progressive regional metamorphism. Geochemistry has been demonstrated that the studied samples do not correspond to typical calc-silicate rocks, as they have higher Al₂O₃ contents, comparable to those of graywacke and arkose. The chemistry of the major elements and traces indicate that the calc-silicate rocks had volcanic and island arc as sources.

Keywords: Sergipano Orogenic System, calc-silicate rocks, magmatic arc

INTRODUÇÃO

O Sistema Orogênico Sergipano (SOS) corresponde a uma estrutura neoproterozóica localizada na porção sul da Província Borborema. O SOS ocorre nos estados de Sergipe, Alagoas, Bahia e Pernambuco. Este orógeno é resultado da colisão entre o Superterreno Pernambuco-Alagoas, ao norte, com o Cráton do São Francisco, ao sul (Brito Neves *et al.* 2000). Em escala global, o SOS representa a parte central do megaorógeno que conecta o Cinturão Oubanguides, no continente africano, com os orógenos Riacho do Pontal e Rio Preto no Brasil (Davison e Santos, 1989; Jardim de Sá *et al.*, 1992; Jardim de Sá, 1994; Trompette, 1994; D’el-Rey Silva, 1999).

O SOS é formado por vários domínios geológicos, nos quais tem-se rochas calcissilicáticas, objeto deste estudo, e elas são descritas como frequentes no Domínio Macururé. Rochas calcissilicáticas são rochas metamórficas compostas essencialmente por plagioclásio, anfibólio, piroxênio, granada, epidoto e quartzo. Neste estudo adota-se a definição de rocha calcissilicática estabelecida pela Subcomissão de Sistematização de Rochas Metamórficas, que faz parte da Comissão de Sistematização em Petrologia da International Union of Geological Sciences (Rosen *et al.*, 2004; Fettes e Desmons, 2014). Essa definição estabelece que o termo rocha calcissilicática corresponda a rochas que contêm minerais carbonáticos em volume igual ou inferior a 5% e minerais calcissilicáticos entre 50% e 100% do volume (Bucher e Grapes, 2010).

Rochas calcissilicáticas podem ser encontradas em pequenos corpos ou finas camadas em sequências de rochas metavulcanossedimentares e fazem parte do grupo das rochas metacarbonáticas. Argilitos, arenitos, tufos e evaporitos com carbonato, bem como as margas podem ser protólitos para rochas calcissilicáticas (Fettes e Desmons, 2014). Estas rochas são mais frequentes que os mármore, refletindo assim a maior abundância de seus protólitos em sequências sedimentares. Rochas calcissilicáticas e metacarbonáticas são abundantes em terrenos metamórficos associados a cinturões orogenéticos e estão comumente, intercaladas com outras rochas metassedimentares de origem pelítica ou siliciclástica (Fettes e Desmons, 2014). As reações de descarbonatação que ocorrem durante o metamorfismo progressivo dessas rochas geram variedade de silicatos de Ca-Mg, como por exemplo: zoisita, clinozoisita, tremolita, grossulária, hornblenda, diopsídio e olivina, dependendo das condições de temperatura e pressão (Bucher e Grapes, 2010).

Este trabalho apresenta novos dados petrográficos e os primeiros dados de química mineral e geoquímicos para as rochas calcissilicáticas do Domínio Macururé no Estado de Sergipe. Estas informações permitiram determinar as suas composições mineralógicas, a composição química dos minerais, geoquímica de rocha total e inferir sobre as condições do metamorfismo e a natureza mais provável dos protólitos.

GEOLOGIA REGIONAL

Cinturões orogênicos podem ser classificados, segundo Murphy e Nance (1991), como: [1] orógenos interiores, que são do tipo colisionais e mostram relações com amalgamação de supercontinentes e a destruição de oceanos interiores; ou [2] orógenos periféricos, que são aqueles que ocorrem nas extremidades dos supercontinentes e refletem subducção oblíqua, com presença de tectônica do tipo strike-slip bordejando um oceano externo. Ante a estes modelos, o Sistema Orogênico Sergipano e os orógenos vizinhos (Rio Preto e Riacho do Pontal) podem ser classificados como orógenos interiores. Em geral, eventos colisionais brasileiros/panafricanos são acompanhados de magmatismo de arco magmático, e metamorfismo que varia da fácies xisto-verde a fácies anfibolítica (raramente granulítica), devido ao espessamento crustal, além da geração de

empurrões regionais, desenvolvimento de nappes e encurtamento horizontal (Davison e Santos, 1989; Brito Neves, 1999).

Murphy e Nance (1991) propõem que a atividade orogênica que formou o SOS começou no Neoproterozóico, com a subducção do tipo cordilheriano, associada ao fechamento de oceanos interiores entre 650-600 Ma e culminou com a colisão e amalgamação de um supercontinente. Segundo estes autores, essa orogênese produziu abundante magmatismo cálcio-alcálico, espessamento crustal, empurrões em larga escala, soerguimentos e exposição de rochas metamórficas de médio a alto graus.

Trompette (1994) interpreta o SOS como o segmento oeste do Orógeno Oubanguides localizado no NW da África. Para vários autores (Van Schmus *et al.*, 2011; Neves, 2015; Neves, 2016) o SOS corresponde a parte sul da Província Borborema, juntamente com o Superterreno Pernambuco-Alagoas e os orógenos Riacho do Pontal e Rio Preto.

O SOS é formado por um conjunto de sete faixas distintas (Figura 1) que foram nomeadas de domínios geológicos: Estância, Vaza-Barris, Macururé, Poço Redondo, Marancó, Canindé e Rio Coruripe que são limitados por zonas de cisalhamento (Davison e Santos, 1989; Mendes *et al.*, 2009; Oliveira *et al.*, 2010, 2017).

O Domínio Estância é o mais meridional, e é composto por rochas metassedimentares de muito baixo grau metamórfico (Davison e Santos, 1989; Santos, 2001; Oliveira *et al.*, 2010, 2017). O Domínio Vaza Barris é composto por rochas metassedimentares psamopelitocarbonáticas e o metamorfismo é na fácies xisto verde (D'el-Rey Silva, 1995).

O Domínio Macururé (Figura 1) faz limite a sul com o Domínio Vaza-Barris pela zona de cisalhamento de São Miguel do Aleixo (Santos 2001). Segundo Oliveira *et al.* (2017), esse domínio é constituído essencialmente por rochas metassedimentares pelíticas e tem-se intrusivos vários tipos de granitos ediacaranos.

O Domínio Marancó limita-se a sul com o Domínio Macururé pela zona de cisalhamento Belo Monte-Jeremoabo (Figura 1). Esse domínio é constituído por rochas metavulcanossedimentares com metamorfismo na fácies anfibolito. Peridotitos e gabros apresentam-se com variados graus de serpentinização e ocorrem como lentes ou intrusões nas rochas metassedimentares (Santos e Sousa, 1988, Oliveira *et al.*, 2010, 2017). O Domínio Poço Redondo é constituído por gnaisses tonalito-granodioríticos, 131 frequentemente migmatizados e intrudido por granitos ediacaranos com assinatura geoquímica de arcos magmáticos (Santos, 2001; Oliveira *et al.*, 2017; Souza *et al.*, 2019).

O Domínio Canindé (Figura 1) é formado por rochas metavulcanossedimentares do Complexo Canindé, sendo intrudido pela Suíte Gabróica Canindé (Santos 2001). Também ocorre neste domínio abundantes corpos graníticos sincrônicos, tardios e pós-tectônicos (Santos 2001; Soares *et al.*, 2019). Esse domínio é interpretado como rifte intracontinental (Oliveira *et al.*, 2010, 2015, 2017).

O Domínio Rio Coruripe está localizado na porção mais ao norte-nordeste do SOS (Figura 1) e é constituído por uma unidade metavulcanossedimentar de alto grau metamórfico, formada por gnaisses graníticos com biotita, migmatitos, gnaisses quartzo-feldspáticos, granulitos, kinzigitos, metamáficas, metaultramáficas, formação ferífera e quartzitos (Mendes *et al.*, 2009).

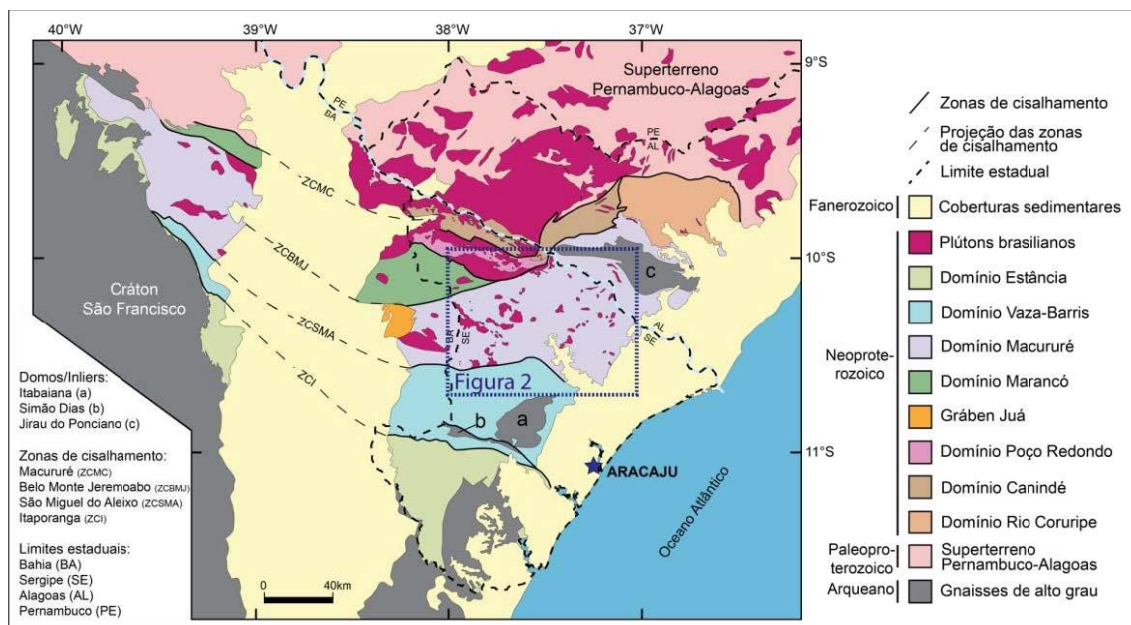


Figura 1. Esquema geológico do Sistema Orogênico Sergipano confeccionado por Pinho Neto *et al.* (2019).

GEOLOGIA DO DOMÍNIO MACURURÉ

O Domínio Macururé (DM) foi definido por Barbosa *et al.* (1964) e posteriormente Humphrey e Allard (1969) descrevem a presença abundante nesse grupo de rochas pelíticas. Barbosa (1970) descreve o Grupo Macururé como constituído por micaxistos, paragneisses, quartzitos micáceos e hornfels. Silva Filho *et al.* (1979) ao apresentarem o mapa geológico para o nordeste da Bahia, Sergipe, Alagoas e oeste de Pernambuco delimitam o DM segundo critérios estratigráficos. Santos (2001) integra os trabalhos anteriores e realiza a síntese sobre a geologia de Sergipe, apresenta igualmente a delimitação geográfica do Domínio Macururé que é válida atualmente. Conceição *et al.* (2016) ao estudarem intrusões leucograníticas no DM evidenciam a existência de metamorfismo de contato nas rochas metassedimentares. O DM é também descrito como uma sequência pelitopsamítica, constituída por metarritmitos, filitos, ardósias e xistos com intercalações localizadas de quartzitos, rochas calcissilicáticas e vulcânicas (Davison e Santos, 1989; D'el-Rey Silva, 1999; Santos, 2001).

As rochas metassedimentares do DM foram submetidas a eventos deformacionais, que geraram dobramentos e metamorfismos (Silva Filho *et al.*, 1979; Jardim de Sá *et al.*, 1982; Bueno *et al.*, 2009). Oliveira *et al.* (2015) ao realizarem estudos de proveniência para as rochas do DM, utilizando-se de idades U-Pb em cristais detríticos de zircão, identificaram que nessas rochas metassedimentares as idades obtidas situam-se entre 1000-900 Ma. Estes dados geocronológicos indicam que a idade máxima para formação dessa bacia sedimentar tenha sido de 900 Ma. Estas mesmas idades levaram Oliveira *et al.* (2015) a sugerirem que os protólitos do DM foram depositados em uma margem continental na placa Borborema, antes da colisão com o Cráton do São Francisco. Os metassedimentos do DM foram interpretados por D'el-Rey Silva (1999) como sendo cunha turbidítica com até 13 km de espessura. Posteriormente, essas rochas metassedimentares foram intrudidas por diversos corpos graníticos e máficos (Figuras 1 177 e 2).

Silva *et al.* (1995) e Guedes (2016) sugerem que o metamorfismo que afeta o Domínio Macururé seja progressivo, com aumento da temperatura para norte-nordeste e

atinge a primeira zona da sillimanita nas rochas da porção alagoana do DM. Bueno *et al.* (2009) sugere que a evolução metamórfica tenha sido resultado de três eventos deformacionais (D2, D3, D4). O evento D2 é associado ao pico metamórfico quando da colisão do CSF com o PEAL. O evento D3 é admitido como sendo a continuidade do evento D2 e o evento D4 é posicionado como o final da Orogenia Brasileira.

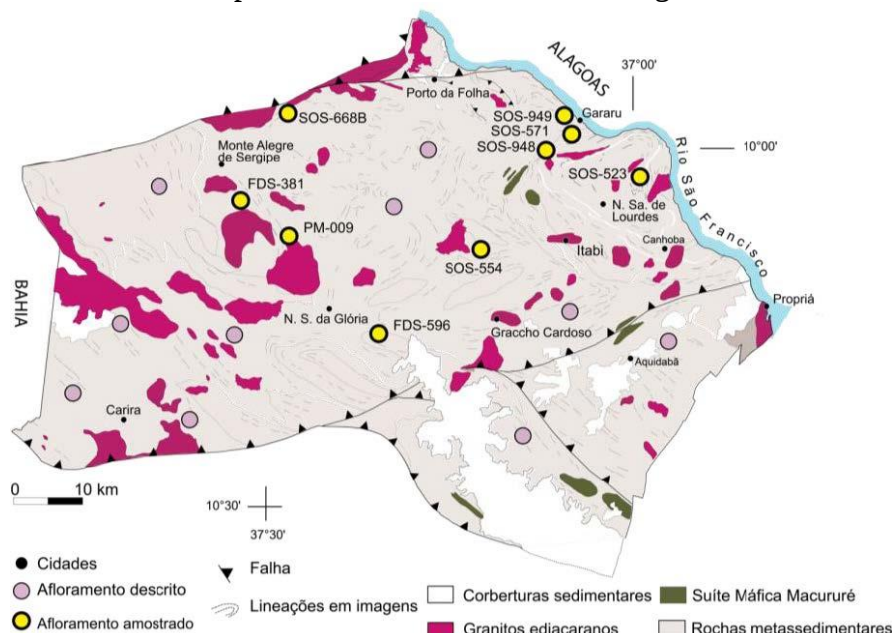


Figura 2. Esquema geológico do Domínio Macururé em Sergipe, modificado de Conceição *et al.* (2016), com os afloramentos descritos com ocorrência de rochas calcissilicáticas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram visitados vários afloramentos com rochas calciossilicáticas e em 9 deles foram coletadas amostras representativas dessas rochas. Os afloramentos estudados apresentam boa distribuição geográfica no DM (Figura 2). Em todas as 9 amostras foram confeccionadas lâminas delgadas polidas e em 6 delas obteve-se análises químicas em rocha total.

As lâminas delgadas polidas foram descritas com microscópio petrográfico, com luz transmitida e refletida, no Laboratório de Petrografia e Metalografia, do Condomínio de Laboratórios Multiusuários das Geociências, da Universidade Federal de Sergipe (CLGeo-UFS). Com o objetivo de melhor detalhar as texturas nessas rochas, as lâminas foram metalizadas com carbono para serem imageadas. As imagens foram obtidas com detector de elétrons retroespalhados, que está instalado em um microscópio eletrônico de varredura (MEV, Tescan Vega 3 LMU) do Laboratório de Microanálise do CLGeo-UFS. Análises químicas pontuais dos minerais foram obtidas utilizando-se espectrômetro de energia dispersiva, da marca *Oxford Instrumentos*[®], modelo *X-Act*. As condições analíticas foram de 20 kV e 17 nA, com feixe de elétrons com diâmetro de 0,4 µm e com tempo médio de contagem de 30 segundos. A qualidade dos resultados foi verificada utilizando-se de padrões com certificação internacional da Artimex[®] e CAMECA[®]. Os cálculos das composições químicas dos minerais foram feitos com o auxílio do *software* AZtec 4.0, subrotina *Quant*[®] que se utiliza das correções ZAF (Z=número atômico, A=absorbância e F=fluorescência). Os cálculos das fórmulas estruturais foram realizados utilizando-se das recomendações de Deer *et al.* (1992) e de Leake *et al.* (1997).

As análises químicas de rocha total foram realizadas na Acme Laboratories (atualmente Bureau Veritas), no Canadá. Os elementos maiores e menores foram dosados

por *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES), e os elementos-traço, por *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* (ICP-MS). A precisão foi de 2%. No tratamento dos dados geoquímicos utilizou-se do *software* GCDkit 4.0 (Janousek *et al.*, 2006).

RESULTADOS

Geologia das Rochas Calciossilicáticas

Nos afloramentos analisados nesse estudo, as rochas calciossilicáticas presentes ocorrem como camadas lenticulares, de espessura variando de 3-20 cm, com extensão de vários metros e com limites bem definidos com as rochas metassedimentares encaixantes (Figura 3). Estas rochas, quando comparadas com as outras do DM apresentam cor branca, verde claro a verde acinzentada e exibem granulação média a fina e são mais densas. As camadas de rochas calciossilicáticas são paralelas e as estruturas das rochas metassedimentares do DM (Figuras 3A, C, E) corresponde ao acamamento primário sedimentar. Em alguns afloramentos observa-se no interior das camadas de rochas calciossilicáticas a existência de foliação formada por cristais de anfibólio (Figuras 3D e E), biotita e granada intercalados por faixas mais quartzosas (Figuras 3D e F).

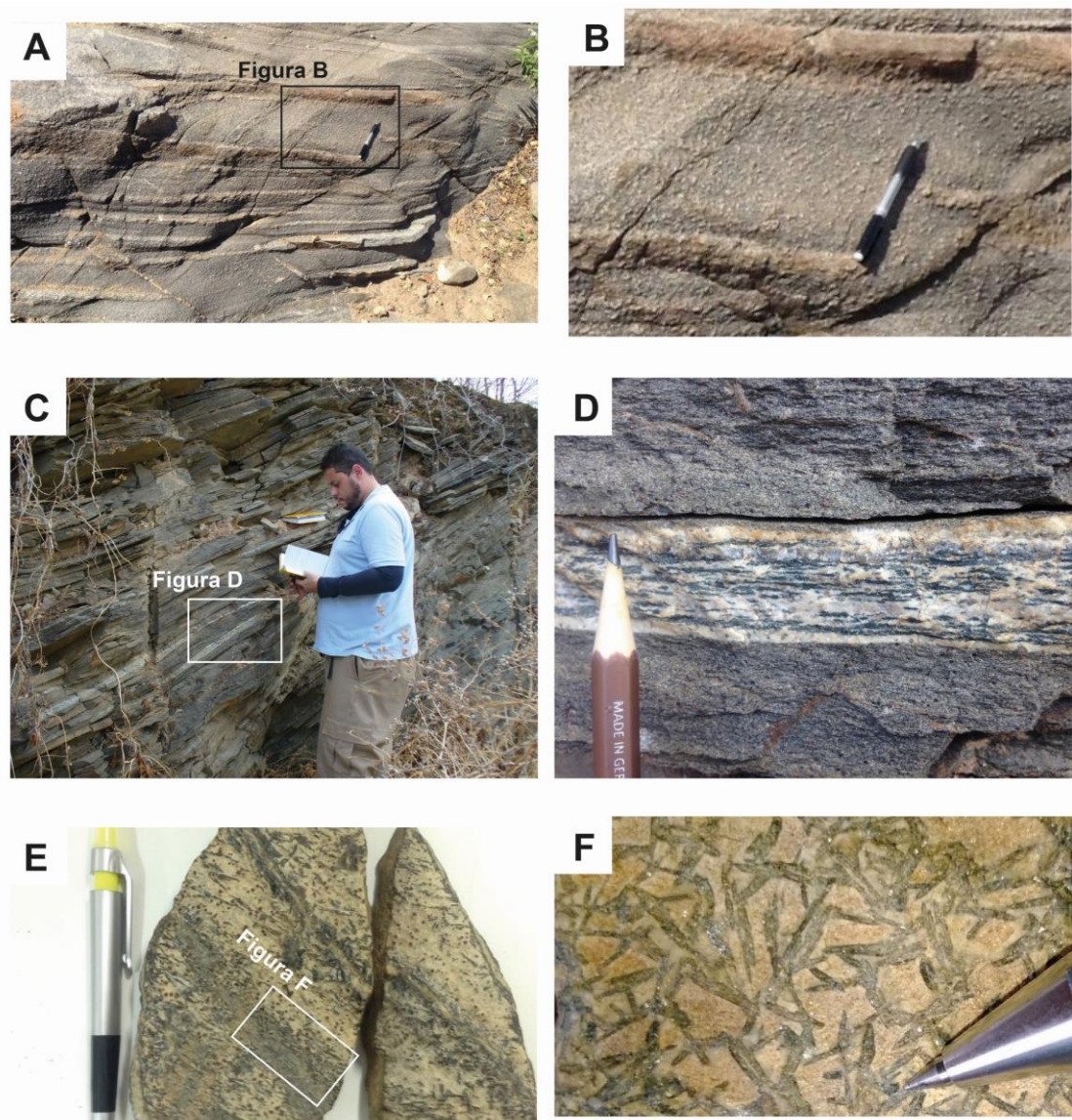


Figura 3. Imagens de campo das rochas calcissilicáticas estudadas. [A] As camadas mais claras e finas na imagem correspondem a rochas calcissilicáticas. [B] Detalhe da camada apresentada na imagem A, evidenciando o paralelismo e terminações afuniladas das camadas de rochas calcissilicáticas. A direção da caneta indica a foliação associada a deformação D2 regional. [C] Camadas brancas um pouco mais espessas de rochas calcissilicáticas em metarritos (cor cinza). [D] Detalhe da imagem C, os pontos vermelhos (granada) e partes verdes (anfibólio) evidenciam igualmente bandejamento no interior da camada de rocha calcissilicática. [E] Bandamento mineral em rochas calcissilicáticas com bandas centimétricas rica em anfibólio (faixas verdes) e granada (pontos avermelhados) e bandas ricas em quartzo, calcita e plagioclásio (faixas brancas). [F] Detalhe dos porfiroblastos de anfibólio da imagem E.

Petrografia e Química Mineral

A maioria das rochas estudadas caracterizam-se por apresentarem estrutura e textura indicativas de metamorfismo regional. Uma amostra (PM-009) obtida na vizinhança do *stock* granítico Glória Sul exibe textura indicativa de metamorfismo de contato posterior ao metamorfismo regional. A amostra FDS-571, localizada próxima a cidade de Gararu (Figura 2), apresenta textura e mineralogia preservada do protólito. Optou-se por apresentar os dados obtidos como três conjuntos de rochas calcissilicáticas. O primeiro conjunto, corresponde as rochas calcissilicáticas dominantes no DM. O segundo conjunto são rochas calcissilicáticas com evidências de metamorfismo de contato é representado pela amostra PM-009. O terceiro conjunto são rochas com as texturas sedimentares preservadas e é representado pela amostra FDS-571. As composições mineralógicas destas rochas são listadas na tabela 1.

Tabela 1. Composição modal de amostras representativas dos três grupos de rochas calcissilicáticas estudados. Os conjuntos são: 1 (C-1), 2 (C-2) e 3 (C-3).

	FDS 381	FDS 523	FDS 554	FDS 571	FDS- 596	SOS 668B	SOS 948	SOS 949	PM 009
Granada			11		8	11	15	12	11
Quartzo	26	34	44	35	32	31	33	30	44
Hornblenda		12	30		11	10	12	10	30
Tremolita	35								
Calcita			3	11	1				2
Diopsídio	6				16				
Zoisita	18	14	2		9	11	9	12	2
Biotita	5	18	13		10	18	15	15	5
Clorita	3	4	2		1	6	5	5	
M. Opacos	1	1	<1	1	1	1	1	1	<1
Plagioclásio	<1	7	3	2	4	3	4	2	
Muscovita	4	7	1	8	1	7	7	10	1
Apatita	<1	<1	1						
Sericita	4	2		1		1	1	1	
Titanita	1	1		1		1	1		
Zircão	<1	<1	<1		<1	<1	<1	<1	<1
Allanita		<1	<1		<1				<1
Rutilo			<1						<1
Calcita (Matriz)				20					
Feldspato Alcalino (Matriz)				20					

As rochas calcissilicáticas dos conjuntos 1 e 2 apresentam texturas porfiroblástica, poiquiloblástica e lepidoblástica (Figura 4). Os fenoblastos de granada e anfibólio são frequentes e chegam a ter 1,5 cm de comprimento e estão imersos em matriz com granulação que varia de média a fina. Na amostra FDS-571 existem grânulos de rochas que contêm microclina, muscovita e quartzo. A composição das rochas calcissilicáticas estudadas inclui os minerais: quartzo, diopsídio, anfibólio, granada, biotita, plagioclásio,

carbonato, epídoto, muscovita, clorita, allanita, microclina, titanita, apatita, zircão, rutilo e minerais opacos (Tabela 1).

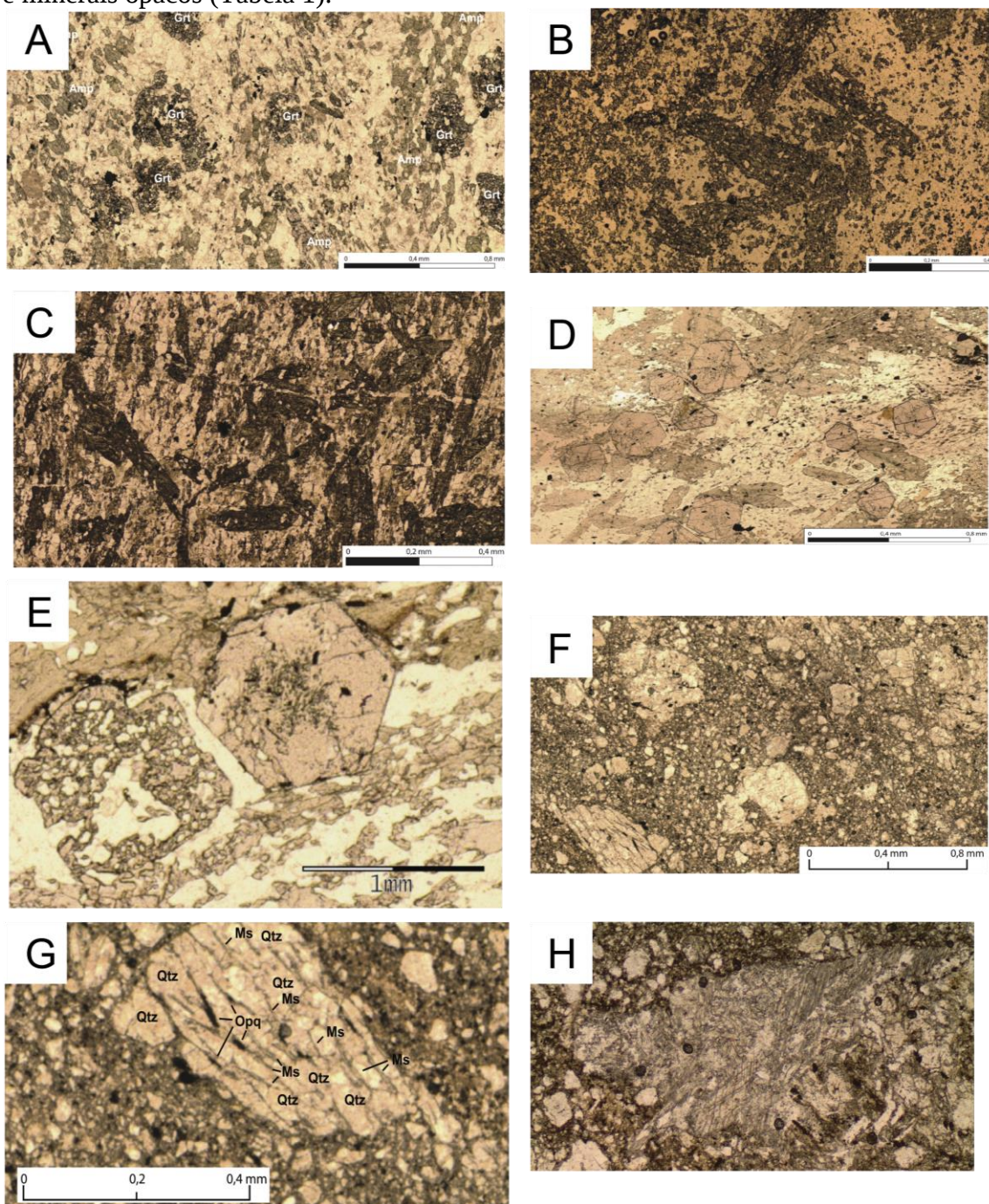


Figura 4. Imagens microscópicas de texturas dos conjuntos de rochas calcissilicáticas identificadas no Domínio Macururé. Conjunto 1: [A] A amostra FDS-554 tem textura porfiroblástica com fenoblastos de anfibólio (Amp) e granada (grt) imersos em matriz com granulação fina a média. [B] e [C] Correspondem a imagens da amostra FDS-381 que exibe textura porfiroblástica com fenoblastos subidioblásticos e idioblásticos de anfibólio. Conjunto 2: imagens [D] e [E] são da amostra PM-009. Nelas observa-se a textura porfiroblástica com fenoblastos bem formados de anfibólio e granada. Na imagem [E] tem-se o cristal de granada, a direita, que apresenta região central rica em inclusões, e é circundada por região sem inclusões; e cristal de granada subédrico, a esquerda, rico em inclusões sem orientação. Conjunto 3, amostra FDS-571 em [F] tem-se fragmentos angulares de rochas (Frag. Rocha), constituído por quartzo (Qtz),

muscovita (Ms) e minerais opacos (Opq), imersos em matriz com granulação muito fina. [G] Orientação tectônica interna nos fragmentos de rocha. [H] Carbonato na amostra FDS-571.

Conjunto 1 de Rocha Calcissilicática

O Conjunto 1 de rochas calcissilicáticas corresponde as amostras FDS-381, FDS-523, FDS-554, FDS-596, SOS-668B, SOS-948 e SOS-949. Estas rochas apresentam coloração esverdeada, usualmente têm texturas porfiroblástica, granoblástica e lepidoblástica. Os fenoblastos frequentes são de granada e anfibólio (Figuras 4A, B, C) e ocasionalmente epídoto. A granulação da matriz varia de fina a média e é constituída por plagioclásio, hornblenda, biotita, granada, quartzo, mica branca e minerais do grupo do epídoto. Os minerais acessórios são titanita, apatita, diopsídio, minerais opacos, allanita e zircão.

Os cristais de plagioclásio estão presentes em todas as rochas. Eles são xenoblásticos, ocasionalmente antipertíticos, e os tamanhos variam de 0,09-1,59 mm. Apresentam contatos retos com hornblenda, e irregulares com quartzo e carbonato. Incluem cristais de quartzo, hornblenda, titanita, zircão e zoisita. As composições destes cristais variam de oligoclásio a andesina (Figura 5). Cristais de albita ocorrem unicamente na amostra FDS-381. Na amostra FDS-596 a espessura maior da exsolução de K-feldspato permitiu a sua análise e ela tem composição de Or91-100 e Ab9-0. Com frequência identificou-se no plagioclásio a presença de maiores conteúdos de anortita na borda que no centro, o que caracteriza uma zonação composicional inversa (Tabela 2), indicativa de atuação de metamorfismo progressivo.

Tabela 2. Variação no conteúdo de anortita no centro e borda de cristais de plagioclásio nas rochas do conjunto 1.

	FDS-596	FDS-381	FDS-554
Centro (%An)	19	23	28
Borda (%An)	27	29	36

Os cristais de plagioclásio estão presentes em todas as rochas. Eles são xenoblásticos, ocasionalmente antipertíticos e os tamanhos variam de 0,09-1,59 mm. Apresentam contatos retos com hornblenda, e contatos irregulares com quartzo, carbonato. Incluem cristais de quartzo, hornblenda, titanita, zircão e zoisita. As composições destes cristais variam de oligoclásio a andesina (Figura 5). Cristais com composição albitica ocorre unicamente na amostra FDS-381. Com frequência identificou-se a presença de maiores conteúdo de anortita na borda que no centro de cristais, o que caracteriza uma zonação composicional inversa (Tabela 2), indicativa de atuação de metamorfismo progressivo.

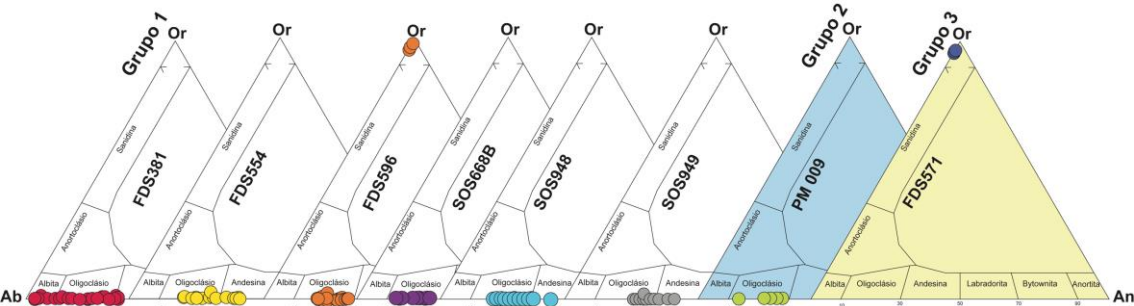


Figura 5. Diagramas triangulares Albite(Al)-Anortita(An)-Ortoclásio de Deer *et al.* (1992) utilizadas para nomear feldspatos aplicado aos cristais analisados de rochas calciossilicáticas do Domínio Macururé.

O anfibólio verde ocorre nas rochas FDS-381, FDS-554, SOS-948 e SOS-949. Os cristais são idioblásticos, subidioblásticos e xenoblásticos (Figuras 4A, B, C) e os tamanhos variam de 0,09-1,5 mm. Os fenocristais exibem textura poiquiloblástica incluindo cristais de quartzo e carbonato. O anfibólio tem essencialmente composição de tschermakita, ocorrendo cristais de Mg-hornblenda nas amostras FDS-554, FDS-596 e SOS-948 e FDS-596 (Figura 6).

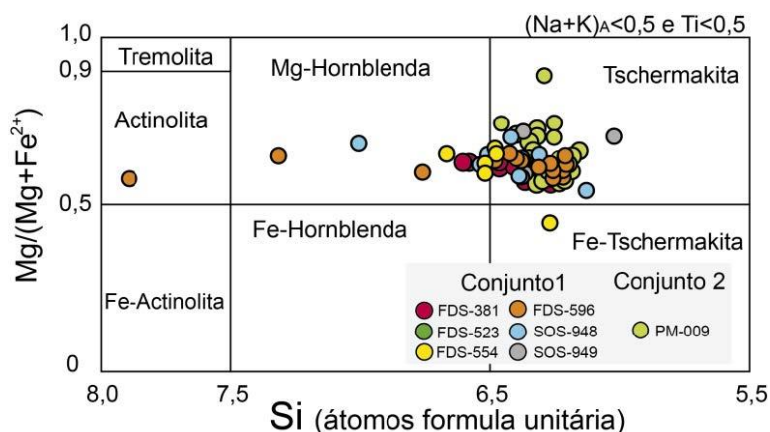


Figura 6. Diagrama $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ versus Si (átomos por fórmula unitária) de Leake *et al.* (1997) para classificação de anfibólios cálcicos aplicado aos cristais de rochas calcissilicáticas do Domínio Macururé.

A biotita marrom foi analisada nas amostras SOS-668B, SOS-948 e SOS-949. Os cristais apresentam forma subidioblástica, com pleocroísmo variando de amarelo a marrom. Os tamanhos variam de 0,1-1mm, predominando os cristais com 0,4 mm. Apresenta contatos retos com os minerais presentes nas rochas e é frequentemente poiquiloblástica, incluindo cristais de apatita, minerais opacos, epídoto e zircão. Os dados químicos pontuais obtidos para os cristais de mica marrom das rochas do 340 conjunto 1 alocam-se no campo da biotita (Figura 7) e têm valores da razão 341 $Fe/(Fe+Mg)$ compreendidos entre 0,4 e 0,6.

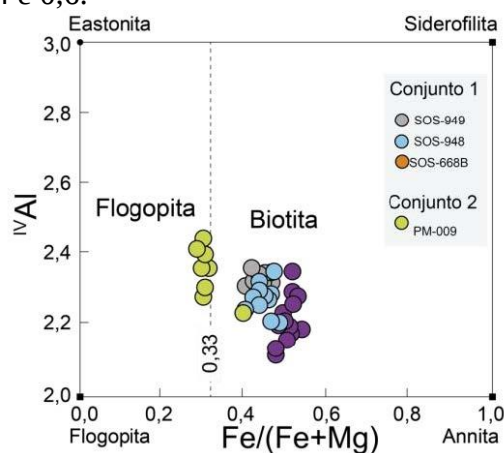


Figura 7. Diagrama $IVAl$ versus $Fe/(Fe+Mg)$ de Dear *et al.* (1992) para classificação de micas trioctaédricas aplicado aos cristais de mica marrom das rochas calciossilicáticas do Domínio Macururé.

Cristais de granada estão presentes nas rochas FDS-381, FDS-554, FDS-596, SOS-668B, SOS-948 e SOS-949. Eles são xenoblásticos, subidioblásticos e idioblásticos. Os

seus tamanhos variam de 0,18-1,68 mm com a predominância de cristais com 0,45- 0,68 mm. Apresentam textura poiquiloblástica e incluem cristais xenoblásticos de quartzo, carbonato e minerais opacos. Os contatos são lobados com os demais minerais da rocha. Os cristais de granada analisados nas rochas FDS-382, FDS-355 e FDS-596 correspondem essencialmente a almandina e a variação dos conteúdos das moléculas de piropo, almandina, glossulária e espessartita são apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Variação dos percentuais das moléculas de almandina, glossulária, espessartita e piropo nos cristais de granada analisados em rochas do conjunto 1.

Amostra	% Almandina	% Glossulária	% Espessartita	% Piropo
FDS-381	44-51	18-28	15-19	6-9
FDS-554	52-67	11-28	4-8	11-15
FDS-596	51-58	17-22	11-16	7-11

O carbonato está presente nas rochas FDS-554 e FDS-596. Eles são cristais xenoblásticos e ocorrem reunidos agregados sem forma definida. Os tamanhos variam de 0,07 mm a 0,4 mm com predominância de cristais com 0,18 mm. Apresenta contatos irregulares com granada, hornblenda, quartzo, plagioclásio e zoisita. O carbonato corresponde a calcita com composição de 99-98% CaO; 0,3-1,1% MgO; 0,1-0,5% MnO; 0,6-0,4% FeO.

Os cristais de epídoto ocorrem subidioblásticos e seus tamanhos variam de 0,04-0,63 mm com a predominância de cristais com 0,23 mm. Apresentam contatos retos com quartzo e plagioclásio. A composição dos cristais analisados é essencialmente de Al-epídoto com uns poucos cristais de clinozoisita (Figura 8).

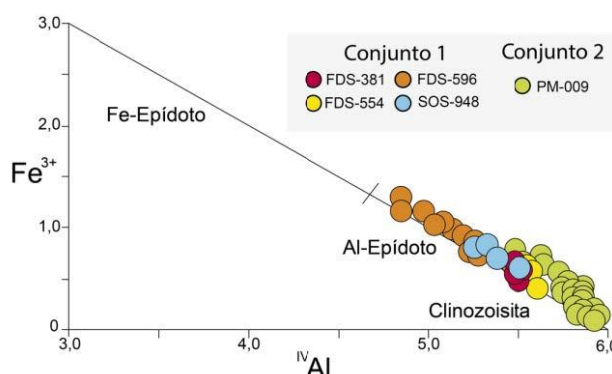


Figura 8. Diagrama Fe^{+3} versus $IV Al$ de segundo Holdaway (1972) para classificação de cristais do Grupo do Epídoto aplicado aos cristais encontrados nas rochas calciossilicáticas do Domínio Macururé.

O quartzo é xenoblástico, com tamanhos que variam de 0,04-0,5 mm e com predominância de cristais com 0,18 mm. Apresenta extinção ondulada e contatos poligonais, contatos irregulares se fazem com albita, zoisita e anfibólio. Inclui cristais de zircão bem formados.

A F-apatita é presente nas rochas FDS-381, FDS-523 e FDS-554. Estes cristais são subidioblásticos e os tamanhos variam de 0,009-0,07 mm. Diopsídio xenoblástico (0,003-0,5 mm) e incolor ocorre associado aos cristais de anfibólio. A titanita ocorre idioblástica e subidioblástica e os tamanhos são inferiores a 0,2 mm. Os minerais opacos são xenoblásticos e tem tamanhos inferiores a 0,2 mm. Os cristais de zircão (< 0,04 mm) são prismáticos e bem formados.

Conjunto 2 de Rocha Calciossilicática

Este conjunto é representado pela amostra PM-009 (Figuras 4D, E). Esta rocha tem cor verde clara e granulação média a grossa. Ela apresenta bandamento milimétrico marcado por faixas ricas em quartzo, carbonato e mica branca, contrastando com faixas ricas em anfibólio, granada e biotita. Ela é constituída por quartzo, hornblenda, granada, biotita, plagioclásio, carbonato, mica branca e zoisita. Os minerais acessórios são apatita, ilmenita e zircão.

A granada apresenta tamanhos que variam de 0,6-2,0 mm, com predominância de cristais com 1,1 mm. Os cristais variam desde idióblásticos até xenoblásticos, predominando os subidioblásticos e poiquilíticos. Na maioria dos cristais de granada observa-se que as inclusões ocorrem concentradas no centro do cristal, e exibem estrutura helicítica (Figura 4E) e as inclusões são de: quartzo, rutilo, zircão. Nos cristais xenoblásticos tem-se as mesmas inclusões que as dos cristais helicíticos, mais carbonato e essas inclusões não exibem orientação.

O quartzo é xenoblástico e tem tamanhos entre 0,05-2,2 mm, com predominância dos cristais de 1,0 mm. Observou-se que nos níveis mais ricos em quartzo, eles apresentam textura poligonal bem desenvolvida. Inclui cristais de zircão euédricos.

O anfibólio verde tschermakítico (Figura 6) ocorre como cristais subidioblásticos e xenoblásticos, e apresentam tamanhos que variam de 0,05-1,4 mm com predominância dos cristais de 1 mm. A presença de geminação é ocasional nesses cristais. Eles são poiquiloblásticos e incluem cristais de: quartzo (0,02 mm), rutilo (0,01 mm) e allanita (<0,01 mm).

A flogopita nesta rocha é subidioblástica com tamanhos que variam de 0,07-0,9 mm com a predominância de cristais com 0,5 mm (Figura 7).

Os cristais de oligoclásio (Figura 5) são xenoblásticos e os tamanhos variam de 0,07- 0,25mm com a predominância de cristais com 0,1mm. Apresentam contatos irregulares com quartzo, hornblenda, granada e carbonato. Os cristais de carbonato são xenoblásticos com tamanhos que variam de 0,03-0,27 mm. Os minerais do grupo do epídoto (Al-epídoto e clinozoisita, Figura 8) são subidioblásticos, com tamanhos que variam de 0,04-0,12 mm. A apatita ocorre subidioblástica e com tamanhos inferiores a 0,2 mm. Os cristais de zircão são prismáticos e com tamanhos inferiores a 0,05 mm.

Conjunto 3 de Rocha Calciossilicática

O conjunto 3 é representado apenas pela amostra FDS-571. Esta rocha tem cor verde clara e é constituída por fragmentos de rochas imersos em matriz com granulação fina (Figuras 4F, G, H).

Os fragmentos de rocha são angulosos (Figuras 4F, G, H) e os tamanhos variam de 0,2-1,5 mm, predominando aqueles com 0,5 mm. Esses fragmentos de rochas correspondem a 60% do volume da rocha e possuem foliação metamórfica interna bem marcada pela orientação de cristais de quartzo, clorita, microclina e minerais opacos. A disposição aleatória das orientações internas dos fragmentos (Figuras 4F, G) indica que essa foliação tenha sido adquirida pela rocha original. A matriz representa 40% do volume da rocha e é composta de fragmentos menores de rocha, carbonato, microclina, quartzo, titanita, minerais opacos, apatita, zircão, monazita e clorita.

Os fragmentos de rocha são constituídos por microclina (Or_{95-97%} e Ab_{5-3%}, Figura 5), por vezes com textura gráfica e contém clorita e titanita. Há fragmentos com agregados de carbonato (Figura 4H). Na matriz a microclina é também o mineral dominante, associado a clorita, carbonato, minerais opacos, apatita, zircão, monazita e clorita. O carbonato corresponde a calcita (99-99,5%CaO, 0,5-0,3%FeO e 0,4-0,2%MnO). A F-

apatita, monazita, titanita e clorita são xenoblásticas. Localmente o quartzo é xenoblástico e apresenta textura poligonal.

Litogeoquímica

Obteve-se análises de elementos maiores e alguns traços para as amostras FDS-381, FDS-523, FDS-554, FDS-571, FDS-596, PM-009 (Tabela 4).

As rochas apresentam percentuais de SiO₂ que variam de 55-66%, TiO₂ de 0,7-1,53, Al₂O₃ de 13-17%, Fe₂O₃ de 6-8,5%, MnO 0,1-0,3%, MgO de 1,2-3,4; CaO de 2-11%; Na₂O 1-3,7%, K₂O de 0,1-2; P₂O₅ de 0,1-0,32%. As composições químicas destas rochas não se encontram no campo determinado por Whalstrom e Kim (1959) para as rochas calcissilicáticas (Figura 9). Essas rochas apresentam conteúdos de Al₂O₃ superiores as das rochas calciossilicáticas comuns, sendo próximos as grauvacas, contudo com mais CaO que essas rochas. Utilizou-se diagramas binários para identificar as variações das composições químicas dos elementos maiores nas rochas estudadas. Para todas as amostras, o SiO₂ apresenta correlações negativas e variáveis com Al₂O₃, FeO, MgO, MnO, TiO₂, CaO, K₂O e P₂O₅ (Figura 10), ou seja um comportamento similar ao que corre em outras sequências turbidíticas (e.g. Bhatia, 1983). A amostra FDS-523 encontra-se deslocada da curva de evolução para a maioria dos óxidos. Constata-se a dispersão das amostras analisadas no diagrama Na₂O-SiO₂ e este comportamento pode refletir a alteração do plagioclásio.

Tabela 4. Análises químicas para amostras representativas de rochas calciossilicáticas estudadas. LOI = perda ao fogo.

	FDS-381	FDS-523	FDS-554	FDS-571	FDS-596	PM-009
SiO ₂	63,45	55,94	63,74	61,18	66,02	63,79
TiO ₂	0,81	1,53	0,76	0,8	0,73	0,73
Al ₂ O ₃	13,96	17,14	14,55	14,73	13,52	14,17
Fe ₂ O ₃	6,62	8,48	7,43	6,94	5,91	6,9
MnO	0,29	0,15	0,18	0,13	0,13	0,18
MgO	2,71	1,21	3,26	3,32	2,25	3,33
CaO	8,33	10,26	5,54	2,15	5,42	6,56
Na ₂ O	1,91	1,04	2,96	3,66	2,27	2,34
K ₂ O	0,16	1,98	0,32	2,46	1,25	0,34
P ₂ O ₅	0,21	0,31	0,12	0,18	0,09	0,26
LOI	1,4	1,8	0,9	4,2	2,2	1,2
Sum	99,85	99,84	99,76	99,75	99,79	99,8
Ni	60	24	62	70	49	51
Sc	15	16	18	16	14	18
Ba	66	299	113	434	229	54
Co	14	19,9	18,6	20,5	13,7	16,4
Cs	0,1	9,4	0,6	2,5	0,6	1,1
Ga	15	20,3	13,6	14,7	13,8	14,5
Hf	4,6	7	4,5	4,2	4,3	4,3
Nb	7,5	19	6,2	8,6	7	7,9
Rb	3,3	104	8,4	88,6	35,4	11,5

Sn	3	8	2	2	2	4
Sr	331,7	225,4	212,5	209,4	246,3	257
Ta	0,8	1,6	0,6	1,2	0,6	0,8
Th	4,8	11,1	5,1	6,7	5	6,8
U	1,1	3,2	0,9	1,9	1,4	2,4
V	145	134	170	152	131	153
W	1,3	2,6	0,5	0,7	2,6	1,7
Zr	172	269,3	165,5	171,8	176,1	153,2
Y	25,5	44,7	26,9	27,5	25,9	34
La	15,9	37,9	23,2	26,7	21,2	32,3
Ce	48,9	76,8	48,7	60,1	57,9	70,6
Pr	4,52	9,1	5,41	6,45	5,42	7,74
Nd	19,1	38,5	20,4	25,2	22,8	30,8
Sm	4,21	7,81	4,72	4,8	4,41	6,59
Eu	0,98	1,83	1,26	1,29	1,1	1,77
Gd	4,06	8,28	4,88	4,75	4,4	6,82
Tb	0,69	1,33	0,84	0,84	0,8	1,08
Dy	4,45	7,44	5,13	5,02	4,25	5,89
Ho	0,99	1,6	1,01	1	0,91	1,21
Er	2,77	4,59	2,97	2,79	2,81	3,82
Tm	0,46	0,64	0,4	0,45	0,43	0,58
Yb	2,97	3,9	2,68	2,59	2,88	3,94
Lu	0,45	0,6	0,44	0,47	0,43	0,72
Mo	0,1	1,1	0,5	0,4	<0.1	0,3
Cu	13,6	52,3	12,3	31,8	12,4	25,9
Pb	7,4	4,3	2,9	9	4,7	4,1
Zn	42	69	40	114	40	45
Ni	29,4	26,7	30,7	67,2	33,8	34,7
As	2	0,5	0,6	0,8	1,2	0,9

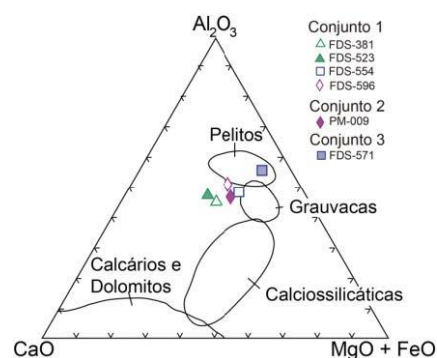


Figura 9. Diagrama triangular Al_2O_3 - CaO -($\text{FeO}+\text{MgO}$) de Whalstrom e Kim (1959) que define os campos das rochas sedimentares pelíticas, grauváquicas, calciossilicáticas, calcárias e dolomíticas aplicado as rochas estudadas.

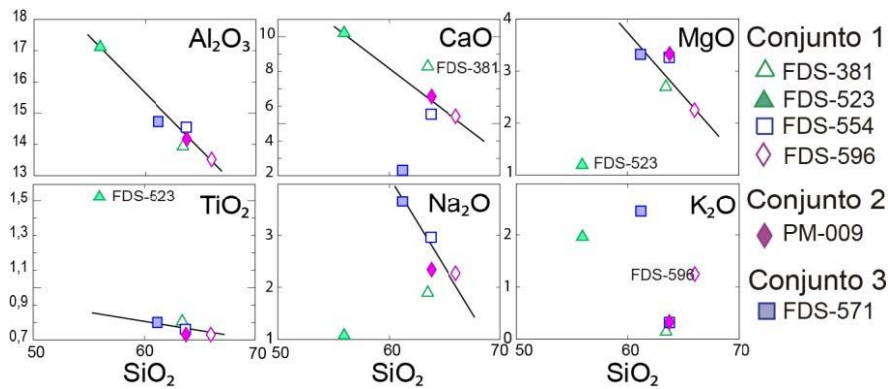


Figura 10. Diagramas binários SiO₂-Óxido aplicado as rochas calciossilicáticas estudadas.

Os conteúdos de Ca, Al, Ti, Si, Fe são próximos a aqueles da crosta continental (Figura 11A). Observa-se que na rocha FDS-523 ocorrem depleção em Mg, Cr, K e Na e pico em Ti. Nas amostras PM-009 e FDS-554 tem-se igualmente vales pronunciados em K. Os conteúdos de Ni são mais baixos que o da crosta continental, exceto na amostra FDS-571 (70 ppm) que é muito próximo ao dessa crosta.

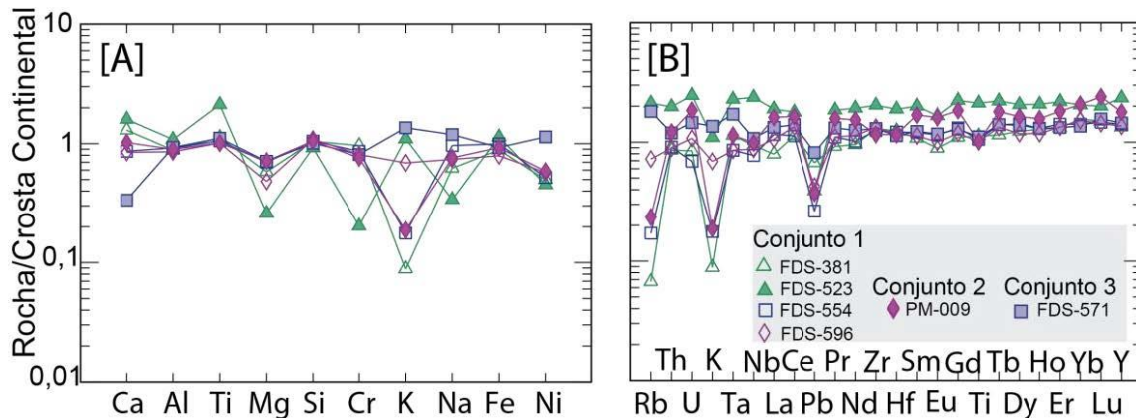


Figura 11. Diagramas multielementares com elementos maiores [A] e traços [B] normalizados pela composição da crosta continental de Rudnick e Gao (2003) aplicado as rochas calciossilicáticas do Domínio Maururé.

As rochas estudadas apresentam conteúdos de elementos-traço superior aqueles da crosta continental (Figura 11B) e as curvas mostram com perfil com enriquecimento dos HFS (*high-field-strength elements*) em relação aos LIL (*large-ion lithophile elements*). As amostras FDS-381, FDS-554 e PM-009 vales importantes em Rb, K e Pb. Os espectros do ETR das rochas apresentam geometria próximas com leve enriquecimento dos ETRLeves em relação dos ETRPesados e modesta anomalia negativa em Eu (Figura 12).

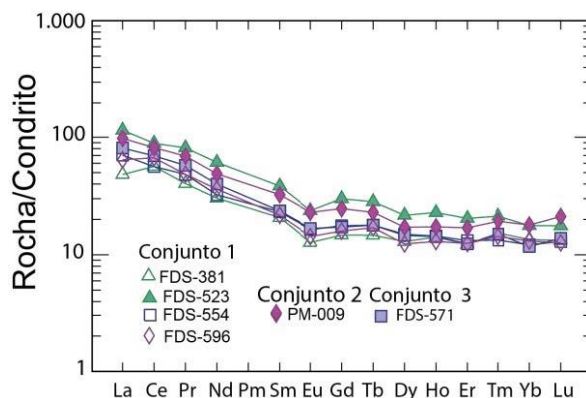


Figura 12. Diagrama dos elementos terras raras normalizado pelo condrito de Boynton (1984) aplicado as rochas estudadas.

DISCUSSÃO

Metamorfismo

A utilização de assembleias minerais de rochas calcissilicáticas como indicadores de grau metamórfico foi proposta por Kennedy (1949). A presença de granada na assembleia mineral constituída por hornblenda + plagioclásio $\pm$ epidoto $\pm$ granada, e com andesina e oligoclásio são algumas evidências utilizadas por Yardley (1989) como indicativas de fácies anfibolito. A granada associada aos minerais existentes nas rochas estudadas (FDS-554, FDS-596, SOS-668B, SOS-948, SOS-949, PM009) indica que elas foram submetidas a metamorfismo de fácies anfibolito de média pressão de Miyashiro (1973).

Nas rochas calcissilicáticas investigadas observa-se a tendência do volume da calcita ser inversamente proporcional ao de epidoto. Estas relações, em acordo com Winchester (1972), indicam que a zoisita forma-se com o consumo da calcita e do plagioclásio, de acordo com a reação: anortita + calcita $\leftrightarrow$ zoisita. Por outro lado, a ocorrência de cristais de clinozoisita próximo a cristais de calcita ou plagioclásio sugere que as seguintes reações propostas por Burianek e Pertoldova (2009) possam ter se processado: [1] $2\text{clinozoisita} + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{calcita} + 3\text{plagioclásio} + \text{H}_2\text{O}$ e [2] $4\text{clinozoisita} + \text{quartzo} \leftrightarrow \text{granada} + 5\text{plagioclásio} + 2\text{H}_2\text{O}$. A reação da clinozoisita ocorrendo junto ao quartzo, plagioclásio e granada indica temperatura máxima de 600 °C e 6 kbar (Burianek e Pertoldova, 2009).

Cristais de granada geralmente estão presentes nas rochas calcissilicáticas do DM. As reações para a formação de granada foram inferidas a partir da identificação dos minerais inclusos. Nessas rochas tem-se inclusos em granada cristais de: clorita, quartzo, biotita e ilmenita. Esta textura poiquiloblástica na granada sugere, segundo Droop (1987), que a reação para a sua formação seja: clorita + quartzo $\leftrightarrow$ granada + H_2O . Nas amostras onde a granada está em contato com cristais de biotita e plagioclásio ela é normalmente poiquilítica e xenoblástica, com abundantes inclusões de quartzo. A presença desta textura sugere que a granada possa ter sido também formada igualmente pelo consumo de plagioclásio e biotita, segundo a reação proposta por Carmichael (1969): plagioclásio + biotita + $2\text{H}^+ \leftrightarrow \text{granada} + 3\text{quartzo} + \text{Na}^+ + \text{K}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$. Os cristais de granada mais raramente são encontrados em contato com plagioclásio, quartzo e calcita. Esta disposição pode indicar que a granada possa igualmente ter sido formada pela reação proposta por Burianek e Pertoldova (2009): plagioclásio + 2calcita + quartzo $\leftrightarrow$ grossulária + 2CO_2 .

A ausência de wollastonita em rochas calcissilicáticas indica, segundo Andrew (1984), que o metamorfismo regional não ultrapassou a temperatura de 750°C. Quando a wollastonita não ocorre em rochas calcissilicáticas, mas tem-se a presença de quartzo e

calcita associados a minerais do grupo do epidoto é possível inferir uma temperatura média de $550 \pm 30^\circ\text{C}$ e $\text{XCO}_2 > 0,2$. Porque acima desta temperatura os minerais do grupo do epidoto não são estáveis (Andrew, 1984).

Natureza da fonte e Ambientes geodinâmicos na área fonte

As composições químicas dos xistos e rochas metassedimentares do Domínio Macururé estudadas por Lima *et al.* (2014), alocam-se predominantemente nos campos do litoarenito, subarcósio e subordinadamente grauvacca (Figura 13). As composições das rochas calcissilicáticas estudadas posicionam-se essencialmente no campo do arcósio, com uma amostra no campo da grauvacca (FDS-523) e outra no limite do campo do litoarenito (FDS-571).

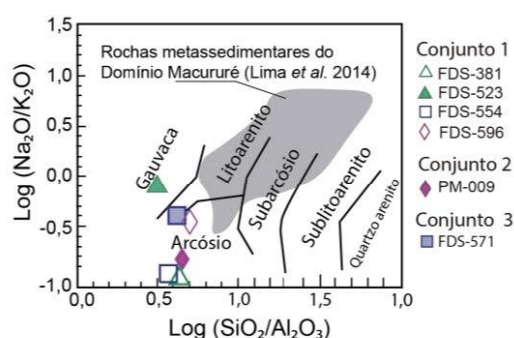


Figura 13. Diagrama binário correlacionado $\text{Log}(\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O})$ versus $\text{Log}(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ de Pettijohn (1972) aplicado às rochas calcissilicáticas estudadas.

Vários autores (e.g. Bhatia e Crook, 1986; Roser e Korsch, 1986, Hossain *et al.*, 2010; Akarish e El-Gohary 2011; Mishra e Sen, 2012; Roy e Roser 2013; Diwu *et al.* 2014) têm se utilizado da geoquímica para inferir o ambiente geodinâmico presente quando da deposição de rochas sedimentares ou vulcanossedimentares. Todavia, McLennan *et al.* (1990) sugere cautela; pois os parâmetros geoquímicos não levam em consideração a possibilidade de que os sedimentos são usualmente transportados dos ambientes originais e, nesse caso eles podem ser depositados em bacia sedimentar gerada em ambiente tectônico distinto.

Roser e Korsch (1986) propõem o diagrama binário $\text{Log}(\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O})$ versus SiO_2 para discriminar ambientes tectônicos (arco de ilhas, arco vulcânico e margem continental passiva). As amostras das rochas calcissilicáticas estudadas alocam-se nesse diagrama no campo do arco de ilhas e as disponíveis para outras rochas do Domínio Macururé (Lima *et al.* 2014) ocupam área que perpassa todos os campos. Utilizando-se o diagrama ternário Th-Sc-(Zr/10) proposto por Bhatia e Crook (1986) várias das rochas estudadas posicionam-se fora dos limites dos campos estabelecidos neste diagrama (Figura 14B). Isto se deve ao fato de apresentar baixos conteúdos de Th. A amostra PM-009 aloca-se no campo do ambiente de arco vulcânico e amostra FDS-575 no campo do ambiente margem continental ativa (Figura 14). Todavia, essa não é uma característica restrita única das rochas calcissilicáticas do Domínio Macururé, as outras rochas desse grupo estudadas por Lima *et al.* (2014) apresentam esse mesmo comportamento (Figura 14B). Estes dados sugerem que os sedimentos que ocuparam a bacia Macururé apresentam contribuição de fontes de arcos de ilha e vulcânico e com volume modesto de sedimentos gerados em margem passiva.

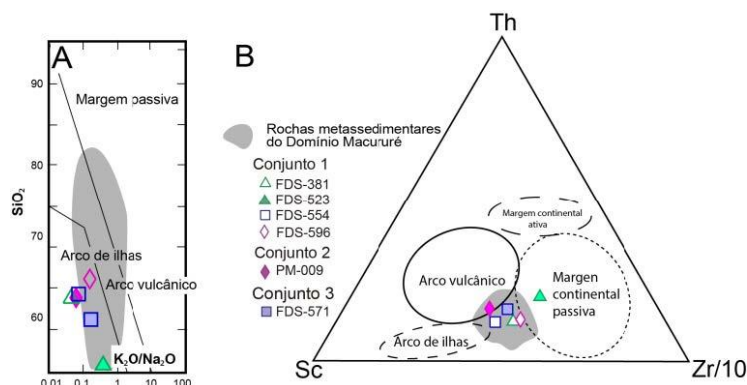


Figura 14. Diagramas de discriminação tectônica para rochas sedimentares aplicados as rochas calcissilicáticas estudadas. [A] Diagrama Log(K₂O/Na₂O) versus SiO₂ de Roser e Korsch (1986) com campos para fontes originadas por arcos de ilhas, arco vulcânico e margem passiva. [B] Diagrama de discriminação tectônica Th-Sc-Zr/10 de Bhatia e Crook (1986). Dados químicos das rochas metassedimentares do Domínio segundo Lima *et al.* (2014)

CONCLUSÕES

As rochas calcissilicáticas ocorrem como camadas centimétricas, com comprimento métricos e terminações afuniladas, concordantes com o acamamento sedimentar das outras rochas metassedimentares do Domínio Macururé. As texturas e mineralogia presentes nestas rochas sugerem a existência de 3 conjuntos distintos. O primeiro conjunto, o mais abundante, é formado por rochas com porfiroblastos de anfibólio tschermakítico imersos em matriz de granulação média a grossa no qual os cristais de plagioclásio apresentam zonação química inversa, indicando atuação de metamorfismo progressivo. O segundo conjunto tem como representante rocha que além das texturas do metamorfismo regional de média pressão, apresentam igualmente texturas superimpostas de metamorfismo estático. Estas texturas de metamorfismo estático foram interpretadas como devido ao calor de intrusões graníticas ediacaranas abundantes no Domínio Macururé. O terceiro conjunto tem como representante rocha que apresenta textura sedimentar preservada e constituída de fenoclastos angulares de fragmentos de granitos, de rochas carbonatadas que estão imersos em matriz constituída 605 de microclina, calcita, quartzo, sericita, clorita.

Os dados geoquímicos das rochas calcissilicáticas estudadas do Domínio Macururé revelaram que elas não têm composição similar as rochas calcissilicáticas clássicas, pois apresentam-se com maiores conteúdos de Al₂O₃ equivalente aos encontrados em grauvacas ou arcósios. A ambiência da fonte dos sedimentos que geraram as rochas estudadas, segundo dados geoquímicos, é múltipla e sugere participação terrenos de arco magmático (vulcânico e ilha). (vulcânico e ilha).

AGRADECIMENTOS

Alysson Felipe Bezerra Lobo foi bolsista durante o mestrado da FAPITEC pelo Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias da UFS. Os autores agradecem ao suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC), processos números 308059/2014-0 (CNPq-PQ),

308059/2014-0 (CNPq-PQ), 473013/2012-4 (CNPq-Universal), 405387/2016-4 (CNPq-Universal) e 019.203.02538/2009-7 (Pronex/Fapitec/CNPq). Externamos nossos agradecimentos as doutoras Cristina Maria Burgos Carvalho, Rita Cunha Leal Menezes, pesquisadoras da Superintendência de Salvador da CPRM, pelas discussões e ajudas na preparação das amostras; aos professores doutores: Débora Correia Rios (UFBA), Jailma Santos de Souza Oliveira (UFBA) e Luiz Alberto Vedana (UFS) pelas críticas e sugestões na análise da dissertação.

Bibliografia

- Akasrish, A. I. M., El-Gohary, A. M. (2011). Provenance and Source Area Weathering Derived from the Geochemistry of Pre-Cenomanian Sandstones, East Sinai, Egypt. *Journal of Applied Sciences*, 11(17), 3070-3088.
<https://doi.org/10.3923/jas.2011.3070.3088>
- Andrew, A. S. (1984). P-T-X (CO₂) conditions in mafic and calc-silicate hornfelses from Oberon, New South Wales, Australia. *Journal of Metamorphic Petrology*, 2(2), 143-163.
<https://doi.org/10.1111/j.1525-1314.1984.tb00293.x>
- Barbosa, O., Baptista, M. B., Coelho, J. A. L. (1964). *Geologia Econômica de Parte da Região do Médio São Francisco, Nordeste do Brasil*. Petrópolis: PROSPEC.
- Barbosa, O. (1970). *Geologia Econômica de parte da região do médio São Francisco, nordeste do Brasil*. Rio de Janeiro: DNPM-DFPM Boletim.
- Bhatia, M. R., Crook, K. A. W. (1986). Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. *Contr. Mineral. and Petrol.* 92, 181–193.
<https://doi.org/10.1007/BF00375292>
- Boynton, W. V. (1984). Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: P. Henderson (Ed.), *Rare Earth Element Geochemistry*, 63-114. Amsterdam: Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-42148-7.50008-3>
- Brito Neves, B. B. (1975). *Regionalização geotectônica do Pré-cambriano nordestino*. São Paulo. PhD Thesis, São Paulo: Instituto de Geociências – USP.
<https://doi.org/10.11606/T.44.1975.tde-21062013-104857>
- Brito Neves B. B. (1999). América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário andino. *Revista Brasileira de Geociências*, 29, 379-392.
<https://doi.org/10.25249/0375-7536.199929379392>
- Brito Neves B. B., Santos E. J., Van Schmus W. R. 2000. Tectonic history of the Borborema Province. In: Cordani U. G., Milani E. J., Thomaz Filho A., Campos D. A. (eds.), *Tectonic evolution of South America*. Rio de Janeiro, Fólio, p. 151-182.
- Bucher, K., Grapes, R. (2010). *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. 8ª edição. Nova York. Springer-Verlag.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4615-9633-2>
- Bueno, J. F., Oliveira E. P., McNaughton N, Laux, J. H. (2009). U–Pb dating of granites in the Neoproterozoic Sergipano Belt, NE-Brazil: Implications for the timing and duration of continental collision and extrusion tectonics in the Borborema Province. *Gondwana Research*, 15, 86–97.
<https://doi.org/10.1016/j.gr.2008.06.003>
- Buriánek, D.; Pertoldová, J. (2009). Garnet-forming reactions in calc-silicate rocks from the Polička Unit, Svratka Unit and SE part of the Moldanubian Zone. *Journal of Geosciences*, 54, 245–268.
<https://doi.org/10.3190/jgeosci.051>

- Carmichael, D. M. (1969). On the mechanism of prograde metamorphic reactions in quartz-bearing pelitic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 20, 244–267. <https://doi.org/10.1007/BF00377479>
- Conceição, J. A., Rosa M. L. S., Conceição H. (2016). Sienogranitos leucocráticos do Domínio Macururé, Sistema Orogênico Sergipano, Nordeste do Brasil: Stock Glória Sul. *Brazilian Journal of Geology*, 46(1), 63-77. <http://doi.org/10.1590/2317-4889201620150044>.
- Davison I., Santos, R. A. (1989). Tectonic Evolution of the Sergipano Fold Belt, NE Brazil, during the Brasiliano Orogeny. *Precambrian Research*, 45, 319-342. [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(89\)90068-5](https://doi.org/10.1016/0301-9268(89)90068-5).
- Deer, W. A., Howie, R. A., Zussman, J. (1992). *An introduction to the Rock-Forming Minerals*. (2nd ed.) London: Longman. <https://doi.org/10.1180/DHZ>
- D'el Rey Silva, L. J. H. (1995). The evolution of basement gneiss domes of the Sergipano fold belt (NE Brazil) and its importance for the analysis of Proterozoic basins. *Journal of South American Earth Sciences*, 8, 325-340. [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(95\)00017-A](https://doi.org/10.1016/0895-9811(95)00017-A).
- D'el-Rey Silva L. J. H. (1999). Basin infilling in the southern-central part of the Sergipano Belt (NE Brazil) and implications for the evolution of Pan-African/Brasiliano cratons and Neoproterozoic cover. *Journal of South American Earth Sciences*, 12, 453–470. [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(99\)00034-6](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(99)00034-6).
- Diwu, C., Sun, Y., Zhao, Y., Liu, B. J., Lai, S. (2014). Geochronological, geochemical, and Nd-Hf isotopic studies of the Qinling Complex, central China: Implications for the evolutionary history of the North Qinling Orogenic Belt. *Geoscience Frontiers*, 5, 499-513. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2014.04.001>
- Droop, G. R. (1987). A general equation for estimating Fe³⁺ concentrations in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses, using stoichiometric criteria. *Mineralogical Magazine*, 51(361), 431-435. <https://doi.org/10.1180/minmag.1987.051.361.10>.
- Fettes D., Desmons J. (2014). *Rochas Metamórficas: classificação e glossário*. Tradução por J. M. dos Reis Neto. São Paulo: Oficina de Textos.
- Guedes, E. M. V. (2016). *Esboço da Zoneografia Metamórfica do Subdomínio Macururé (Faixa Sergipana) nos Estados de Sergipe e Alagoas*. Trabalho de Conclusão de Curso, Salvador: Instituto de Geociências - UFBA.
- Herron, M. M. (1988). Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *Journal of Sedimentary Petrology*, 58, 820-829. <https://doi.org/10.1306/212F8E77-2B24-11D7-8648000102C1865D>
- Holdaway, M. J. (1972). Thermal stability of Al-Fe epidote as a function of *f*O₂ and Fe content. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 37(4), 307-340. <https://doi.org/10.1007/BF00371011>
- Hossain, H. M. Z., Roser, B.P., Kimura, J.I. (2010). Petrography and whole-rock geochemistry of the Tertiary Sylhet succession, northeastern Bengal Basin, Bangladesh: provenance and source area weathering. *Sedimentary Geology*, 228, 171–183. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2010.04.009>
- Humphrey, F. L., Allard, G. O. (1969). *Geologia da área do Domo de Itabaiana-Sergipe*. Rio de Janeiro: CENPES/PETROBRAS.

- Janousek, V., Farrow, C. M., Erban, V. (2006). Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). *Journal of Petrology*, 47, 1255-1259.
<http://dx.doi.org/10.1093/petrology/egl013>.
- Jardim de Sá, E. F., Macedo, M. H. F., Fuck, R. A., Kawashita, K. (1992). Terrenos proterozoicos na Província Borborema e margem norte do Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 22, 472-480.
<http://dx.doi.org/10.25249/0375-7536.1991472480>
- Jardim de Sá, E. F. (1994). *A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileira/Pan-Africana*. Tese (Doutorado). Brasília: Instituto de Geociências - UNB.
- Kennedy, W. Q. (1949). Zones of progressive regional metamorphism in the Moine Schists of the Western Highlands of Scotland. *Geological Magazine*, 8, 43-56.
<https://doi.org/10.1017/S0016756800074100>
- Leake, B. E., Woolley, A. R., Arps, C. E. S., Birch, W. D., Gilbert, M. C., Grice, J. D., Hawthorne, F. C., Kato, A., Kish, H. J., Krivovichev, V. G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J. A., Maresch, W. V., Nickel, R. H., Rock, N. M. S., Schumacher, J. C., Smith, D. C., Stephenson, N. C. N., Ungaretti, L., Whittaker, E. J. W., Youzhi, G. (1997). Nomenclature of amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. *American Mineralogist*, 82, 1019-1037.
<http://doi.org/10.1127/ejm/9/3/0623>
- Lima, M. C., Silva, T. R., Ferreira, V. P., Silva, J. R. (2014). Metasedimentary rocks of the northern portion of the Macururé Domain, Sergipano Belt, Northeastern Brazil: geochemical characterization of their protoliths and tectonic implications. *Estudos Geológicos*, 24(2), 89-107.
<https://doi.org/10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v24n2p89-107>
- McLennan, S. M., Taylor, S. R., McCulloch, M. T., Maynard, J. B. (1990). Geochemical and Nd-Sr isotopic composition of deep-sea turbidites: Crustal evolution and plate tectonic associations. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54, 2015-2050.
[https://doi.org/10.1016/0016-7037\(90\)90269-Q](https://doi.org/10.1016/0016-7037(90)90269-Q)
- Mendes, V. A.; Brito, M. F. L.; Santos, C. A. (2009). Zona de Cisalhamento Contracional de Palmeira dos Índios. Um possível Testemunho do Evento Cariris Velhos na Província Borborema. São Paulo: Simpósio de Geotectônica.
- Mishra, M., Sen, S. (2012). Provenance, tectonic setting and source area weathering of mesoproterozoic Kaimur Group, Vindhyan Supergroup, Central India. *Geologica Acta*, 10, 283-293.
<http://dx.doi.org/10.1344/105.000001759>
- Miyashiro, A. (1973) *Metamorphism and metamorphic belts*. Netherlands: Springer.
<http://dx.doi.org/10.1007/978-94-011-6836-6>
- Murphy, J. B., Nance, R. D. (1991). A supercontinent model for the contrasting character of Late Proterozoic Orogenic belts. *Geology*, 19, 469-472.
[https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1991\)019<0469:SMFTCC>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1991)019<0469:SMFTCC>2.3.CO;2)
- Neves, S. P. (2015). Tectonic evolution of the Borborema province: constrains from zircon geochronology. *Journal of South American Earth Sciences*, 58, 150-164.
<https://doi.org/10.1016/j.jsames.2014.08.004>
- Neves, S. P., (2016). The transition zone between the Pernambuco-Alagoas Domain and the Sergipano Belt (Borborema Province, NE Brazil): Geochronological constraints on the ages of deposition, tectonic setting and metamorphism of metasedimentary rocks. *J. S. Journal of South American Earth Sciences*, 72, 266-278.

- <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2016.09.010>
- Oliveira, E. P., Windley, B. F., Araújo, M. C. (2010). The Neoproterozoic Sergipano Orogenic Belt, NE Brazil: a complete plate tectonic cycle in western Gondwana. *Precambrian Research*, 181(1-4), 64-84.
- <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2010.05.014>
- Oliveira, E. P., McNaughton N. J., Windley B. F., Carvalho, M. J., Nascimento, R. S. (2015). Detrital zircon U–Pb geochronology and whole-rock Nd-isotope constraints on sediment provenance in the Neoproterozoic Sergipano orogen, Brazil: From early passive margins to late foreland basins. *Tectonophysics*, 662, 183–194.
- <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2015.02.017>.
- Oliveira, E. P., Windley, B. F., McNaughton, N. J., Bueno, J. F., Nascimento, R. S., Carvalho, M. J., Araújo, A. C. (2017). The Sergipano Belt. In: M. Heilbron, U. G. Cordani, F. F. Alkmim (Eds.), *São Francisco Craton, eastern Brazil: tectonic genealogy of a miniature continent*. Suíça: Springer International Publishing.
- <https://doi.org/10.1007/978-3-319-01715-0>
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E., Siever, R. (1972) *Sand and Sandstones*. Springer-Verlag, New York.
- <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1066-5>
- Pinho Neto, M. A., Rosa, M. L. S., Conceição, H. (2019). Petrologia do Batólito Sítios Novos, Sistema Orogênico Sergipano, Província Borborema, NE do Brasil. *Geologia USP, Série científica*, 19(2), 135-150. 793
- <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v19-152469>
- Rosen, O., Desmons, J., Fettes, D. (2004). Metacarbonate and related rocks. Part 7. A systematic nomenclature for metamorphic rocks. *IUGS Commission on the systematics in petrology*. Provisional edition. Reino Unido: IUGS.
- <http://www.bgs.ac.uk/SCMR/docs/papers/paper_7.pdf>.
- Roser, B. P., Korsch, R. (1986). Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio. *Journal of Geology*, 94(5), 635-650.
- <https://doi.org/10.1086/629071>
- Roser, B. P., Korsch, R. (1988). Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major element data. *Chemical Geology*, 67, 119-139.
- [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(88\)90010-1](https://doi.org/10.1016/0009-2541(88)90010-1)
- Roy, D. K., Roser, B. P. (2013). Geochemical evolution of the Tertiary succession of the NW shelf, Bengal Basin, Bangladesh: Implications for provenance, paleoweathering and Himalayan erosion. *Journal of Asian Earth Sciences*, 78, 248-262.
- <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2013.04.045>
- Rudnick, R. L., Gao, S. (2003). The composition of the continental crust. In: Rudnick, R.L., Holland, H.D. and Turekian, K.K. (Eds.), *Treatise on Geochemistry - The Crust*, Oxford: Elsevier.
- <http://dx.doi.org/10.1016/b0-08-043751-6/03016-4>
- Santos, R.A. Dalton de Souza, J. (1988). *Programa Levantamentos Geoi6gicos Básicos do Brasil. Piranhas Folha SC. 24-X-C-VI. Estados de Sergipe, Alagoas e Bahia*. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral e Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais.
- Santos R. A. (2001). *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB. Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe*. Escala 1: 250.000. Texto Explicativo do Mapa Geológico do Estado de Sergipe. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, CODISE.

- Silva, J. M. R., Campos Neto, M. C., Brito Neves, B. B. (1995). Deformação e metamorfismo principais de uma parte da Faixa Sul-Alagoana (Complexo Macururé). *Revista Brasileira de Geociências*. 25, 343-350.
<https://doi.org/10.25249/0375-7536.1995343350>
- Silva Filho M. A., Bomfim L. F. C., Santos R. A., Leal R. A., Santana A. C., Filho P. A. (1979). *Geologia da Geossinclinal Sergipana e do seu embasamento Alagoas, Sergipe e Bahia*. Projeto Baixo São Francisco/Vaza-Barris. Brasília: DNPM/CPRM.
- Soares, H. S., Souza, C. S., Rosa, M. L. S., Conceição, H. (2019). Petrologia dos Stocks Santa Maria, Monte Pedral, Bom Jardim, Boa Esperança e Niterói, Suíte Intrusiva Serra do Catu, Estado de Sergipe, NE Brasil. *Geologia USP, Série científica*. 19(4), 63-84.
<https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v19-156598>
- Souza, C. S., Soares, H. S., Rosa, M. L. S., Conceição, H. (2019). Petrologia e geocronologia do Batólito Rio Jacaré, Domínio Poço Redondo, Sistema Orogênico Sergipano, NE do Brasil. *Geologia USP, Série científica*. 19(2), 171-194.
<https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v19-152494>
- Trompette, R. (1994). *Geology of Western Gondwana, Pan-African/Brasiliano Aggregation of South America and Africa*. Rotterdam: Brookfield.
- Van Schmus W. R., Kozuch M., Brito Neves B. B. (2011). Precambrian history of the Transversal Zone of the Borborema Province, NE Brazil: Insights from Sm-Nd and U-Pb geochronology. *Journal of Geotechnical Earthquake Engineering*, 31, 227-252.
<https://doi.org/10.1016/j.jsames.2011.02.010>
- Wahlstrom, E. E., Kim, O. J. (1959). Precambrian rocks of the Hall Valley Area, Front Range, Colorado. *Bulletin of the Geological Society of America*, 70, 1217-1244.
[https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1959\)70\[1217:PROTHV\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1959)70[1217:PROTHV]2.0.CO;2)
- Winchester, J. A. (1972). The petrology of Moinian calc-silicate gneisses from Fannich Forest and their significance as indicators of metamorphic grade. *Journal of Petrology*, 13, 405-424.
<https://doi.org/10.1093/petrology/13.3.405>
- Yardley, B. W. 1989. *An Introduction to Metamorphic Petrology*. English Language Estados Unidos: Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1180/minmag.1990.054.374.19>

CAPÍTULO 3: CONCLUSÕES

Os estudos geológico, petrográfico, de química mineral e química de rocha total em amostras representativas de rochas calciossilicáticas do Domínio Macururé permitiram concluir que:

- As rochas calciossilicáticas são presentes em toda a extensão do Domínio Macururé em Sergipe. Elas nos afloramentos visitados ocorrem em pequenos volumes e dispõem em camadas com espessura entre 3-20 cm, tem comprimento métricos e terminações afuniladas.
- As estrutura, textura e mineralogia permitiram identificar três grupos de rochas calciossilicáticas. No primeiro. Grupo tem-se rochas com as características primárias preservadas. Elas são constituídas de fenoclastos angulares de fragmentos de rochas (granito e carbonática) imersos em matriz muito fina com igual composição. O segundo grupo, é o mais expressivo na área de estudo, e tem como característica apresentar texturas de metamorfismo regional. O terceiro grupo é formado por rochas calciossilicáticas que além de evidências do metamorfismo regional existem texturas indicativas de cristalização estática. Este fato é interpretado como contribuição do calor dissipado quando da intrusão dos stocks graníticos que são abundantes no Domínio Macururé.
- Os dados de química mineral (zonação inversa em cristais de plagioclásio, presença de anfibólio tschermaquítico e a composição dos cristais de granada) indicam que a região foi submetida a metamorfismo regional progressivo e que chegou as condições da fácies anfibolito.
- Os dados de química de rocha total colocaram em evidencia que a composição das rochas calciossilicáticas distingue-se das comuns por apresentar maior conteúdo de alumínio. A geoquímica dos elementos maiores e traços indicam que estas rochas tiveram como fontes sedimentos arcócosianos e grauváquicos. Os ambientes mais prováveis para a deposição destas rochas, segundo dados geoquímicos, são arcos e margem continental passiva.

ANEXO I:
NORMAS PARA SUBMISSÃO NA REVISTA DO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA USP

1. PÁGINA DE ROSTO – deverá conter: três títulos, em português, em inglês e título curto no idioma principal do manuscrito com no máximo 50 caracteres, contando os espaços; nome completo e instituição de origem dos autores; endereço completo **do autor principal** (logradouro, CEP, cidade, estado, país, caixa postal e telefone para contato), e-mail de todos os autores; número de palavras; total de figuras e de tabelas.

2. RESUMO E ABSTRACT – em um único parágrafo, devem ser concisos, com no máximo 270 palavras. Textos mais longos devem vir acompanhados de justificativa circunstanciada.

3. PALAVRAS-CHAVE E KEYWORDS – máximo seis, separadas por ponto e vírgula, com a primeira letra em maiúscula. Ex.: Bacia do Araripe; Quaternário; Fácies; Depósitos magmáticos.

Os descritores em inglês devem acompanhar os termos em português.

4. TEXTO PRINCIPAL – poderá ser redigido em português ou inglês. Elaborar em Word, fonte Times New Roman, tamanho 12, espaço simples. **O tamanho máximo aceito para publicação é de 25 páginas, incluindo texto, resumo, abstract, tabelas, figuras e referências bibliográficas.** Trabalhos mais longos podem ser aceitos desde que argumentos científicos que os justifiquem sejam apresentados e aceitos.

a) Na fase de submissão, inserir numeração de páginas, bem como as figuras, tabelas, legendas e referências.

b) Quando o artigo estiver devidamente aprovado para publicação, as figuras, tabelas e legendas devem ser retiradas do texto. Enviá-las separadamente e numeradas, cada uma num arquivo. As legendas devem vir em um único arquivo, separadas das figuras e tabelas.

5. TÍTULOS

a) Título do artigo:

Título principal – **Negrito, caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais.**

Título em inglês – Itálico, caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais (sem negrito).

Título curto - Caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais (sem negrito /sem itálico).

b) Títulos e subtítulos no interior do artigo:

Nível 1 – **NEGRITO, CAIXA ALTA.**

Nível 2 – **Negrito, caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais.**

Nível 3 – Itálico, caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais (sem negrito).

Nível 4 – Caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais (sem negrito).

6. TABELAS E QUADROS – considerar quadro como tabela. Elaborar em Word, no modo “tabela”, com formato aberto, fonte Arial, tamanho 8. Obedecer as medidas: 8,2 cm (uma coluna) ou 17 cm (duas colunas), comprimento máximo de 22 cm, incluindo a legenda. Tabelas muito extensas deverão ser divididas.

a) Na fase de submissão, inserir as tabelas no texto, juntamente com a legenda, com a devida numeração sequencial.

- b) Quando o artigo estiver devidamente aprovado para publicação, as tabelas devem ser retiradas do texto. Enviá-las separadamente e numeradas, cada uma num arquivo. As legendas devem vir em um único arquivo, separadas das tabelas.
- c) Legendas: fonte Times New Roman, tamanho 12. (sem itálico)

7. ILUSTRAÇÕES – mapas, fotos, figuras, gráficos, pranchas, fotomicrografias etc., considerar como figuras. Utilizar fonte Arial, tamanho 9. Obedecer às medidas: 8,2 cm (uma coluna) ou 17 cm (duas colunas), comprimento máximo de 22 cm, incluindo a legenda.

- a) na fase de submissão, inserir as figuras no texto, juntamente com a legenda, com a devida numeração sequencial.
- b) quando o artigo estiver devidamente aprovado para publicação, as figuras devem ser retiradas do texto. Enviá-las separadamente e numeradas, cada uma num arquivo. **Deverão estar em formato JPEG, TIFF ou EPS, com resolução mínima de 300 dpi.** As legendas devem vir em um único arquivo, separadas das figuras.
- c) Legendas: fonte Times New Roman, tamanho 12. (sem itálico)

8. CITAÇÕES NO TEXTO – exemplos de citação direta / citação indireta:

- a) Um autor
Santos (1980) / (Santos, 1980)
- b) Dois autores
Norton e Long (1995) / (Norton e Long, 1980)
- c) Mais de dois autores
Moorbath et al. (1992) / (Moorbath et al., 1992)
- d) Congressos, conferências, seminários etc.
... no Congresso Brasileiro de Geologia (1984) / (Congresso Brasileiro de Geologia, 1984)
- e) Vários trabalhos de diferentes autores
Smith (1985), Rose e Turner (1986) e Johnson et al. (1990) / (Smith, 1985; Rose e Turner, 1986; Johnson et al., 1990)
- f) Citação de vários trabalhos de um mesmo autor
Smith (1979a, 1979b, 1981) / (Smith, 1979a, 1979b, 1981)

9. REFERÊNCIAS – listar no final do texto, em ordem alfabética de autores e, dentro dessa sequência, em ordem cronológica. **A exatidão das referências bibliográficas é de inteira responsabilidade dos autores.**

EXEMPLOS DE REFERÊNCIAS:

- a) Livro com um autor
Middlemost, E. A. K. (1997). *Magmas, rocks and planetary development: A Survey of Magma/Igneous Rock Systems*. Harlow: Longman.
- b) Livro com dois autores
Anderson, M. P., Woessner, W. W. (1992). *Applied groundwater modeling. Simulation of low and advective transport*. San Diego: Academic Press.
- c) Livro com três ou mais autores
Harland, W. B., Armstrong, R. L., Cox, A. L. V., Craig, L. E., Smith, A., Smith, D. (1989). *A geologic time scale* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

d) Capítulo de livro

Almeida, F. F. M., Amaral, G., Cordani, U. G., Kawashita, K. (1973). The Precambrian evolution of the South American cratonic margin south of Amazonas River. In: A. E. Nairn, F. G. Stille (Eds.), *The ocean basin and margins*, 1, 411-446. New York: Plenum. (Exemplo de Publicação seriada)

L. Harris, N., Pearce, J., Tindle, A. (1986). Geochemical collision-zone magmatism. In: Coward M. P., Ries A. C. (ed.) *Collision tectonics*. 67-81. London: Geological Society. (Geological Society Special Publication, 19).

e) Artigo de periódico

Caffe, P. J., Soler, M. M., Coira, B. L., Cordani, U. G., Onoe, A. T. (2008). The granada ignimbrite: a compound pyroclastic unit and its relationship with upper miocene caldera volcanism in the northern Puna. *Journal of South American Earth Science*, 25(4), 464-484.

f) Trabalho apresentado em evento

Danni, J. C. M., Ribeiro, C. C. (1978). Caracterização estratigráfica da sequência vulcano-sedimentar de Pilar de Goiás e de Guarinos, Goiás. *XXX Congresso Brasileiro de Geologia*, 2, 582-596. Recife: SBG.

g) Mapa

Inda, H. A. W., Barbosa, J. F. (1978). *Mapa Geológico do Estado da Bahia*. Escala 1:1.000.000. Salvador: Secretaria de Minas e Energia do Estado da Bahia/ CBPM.

h) Teses e Dissertações

Petta, A. R. (1995). *Estudo geoquímico e relações petrogenéticas do batólito múltiplo composto São Vicente/ Caicó (RN-Brasil)*. Tese (Doutorado). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP.

i) Documentos em meio eletrônico

Livro

Sharkov, E. (2012). *Tectonics: Recent Advances*. Croatia: InTech, <<http://www.intechopen.com/books/tectonics-recent-advances>>.

Artigo de periódico

Soares, E. A., Tatumi, S. H. (2010). OSL age determinations of pleistocene fluvial deposits in Central Amazonia. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 82(3), 691-699. Acesso em 14 de fevereiro de 2011, <<http://www.scielo.br/pdf/aabc/v82n3/17.pdf>>.

Trabalho apresentado em evento

Souza-Lima, W., Farias, R. M. (2007). A flora quaternária dos travertinos de Itabaiana, Sergipe. *PALEO 2007* (p. 7). Itabaiana: SBP. Acesso em 18 de dezembro de 2008, <http://www.phoenix.org.br/Paleo2007_Boletim.pdf>.

j) Com numeração DOI

Livro

Zavattini, J. A. (2009). *As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática*. <https://doi.org/10.7476/9788579830020>.

Artigo de periódico

Evandro, L., Kleina, E. L., Rodrigues, J. B., Lopesa, E. C. S., Gilvana, L. Soledade, G. L. (2012). Diversity of Rhyacian granitoids in the basement of the Neoproterozoic-Early Cambrian Gurupi Belt, northern Brazil: Geochemistry, U–Pb zircon geochronology, and Nd isotope constraints on the Paleoproterozoic magmatic and crustal evolution. *Precambrian Research*, 220-221, 192-216.
<https://doi.org/10.1016/j.precamres.2012.08.007>.

Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

- 1 - A contribuição é original e inédita, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista; caso contrário, deve-se justificar em "Comentários ao editor".
- 2 - O arquivo da submissão está em formato Microsoft Word.
- 3 - Título do artigo nos idiomas português e inglês; título curto (máximo de 50 caracteres com espaço); resumo e abstract, que acompanham o manuscrito, com máximo de 270 palavras; limite de 6 descritores.
- 4 - O resumo ou o abstract que será inserido no passo 3 - Inclusão de Metadados possui no máximo 249 palavras.
- 5 - As figuras estão em alta resolução, com mínimo de 300 dpi.
- 6 - Todas as citações estão referidas e vice-versa.
- 7 - Citações e referências estão dentro das normas da revista.
- 8 - Todas as informações constituem um só arquivo, isto é, página de rosto, texto principal, figuras, legendas e tabelas estão no mesmo arquivo (esta condição é válida somente durante o processo de submissão/avaliação; após o artigo aprovado a forma de envio é diferente; para maiores detalhes consultar Diretrizes para autores).

ANEXO II:
COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO
CIENTÍFICO

[GEOUSP] Decisão editorial

Daniel Machado via Portal de Revistas da USP <portalderevistas@usp.br>

Seg, 17/08/2020 18:05

Para: Maria de Lourdes da Silva Rosa <lrosa@ufs.br>; Alysson Felipe Bezerra Lobo <alyssonlobo@hotmail.com>; Herbert Conceição <herbet@ufs.br>

 1 anexos (2 MB)

D-169993-Texto do artigo-409770-1-4-20200529_rev.pdf;

Prezados Autores,

Informamos que os relatores reconhecem o mérito científico do trabalho "Fontes dos Sedimentos das Rochas Calciossilicáticas da Porção Cento-Leste do Domínio Macururé no Estado de Sergipe, NE Brasil" submetido à revista Geologia USP. Série Científica. Entretanto, revisões são necessárias antes da publicação.

O Conselho Editorial solicita que as correções/complementos sejam apontados no texto (EM OUTRA COR), informando o que foi alterado/corrigido. Adicionalmente, solicita-se que a versão revisada do manuscrito seja acompanhada de CARTA DE ENCAMINHAMENTO, NA QUAL OS AUTORES DEVEM DETALHAR COMO AS RECOMENDAÇÕES FORAM ATENDIDAS E JUSTIFICAR OS CASOS NÃO ACATADOS.

Anexo, os PDFs com os comentários dos relatores.

Solicitamos, portanto, a incorporação das sugestões indicadas por eles e aguardamos o seu retorno até 2020-09-17.

Inserir a nova versão em word, no sistema, em "Arquivo Revisados", "Enviar arquivo".

Atenciosamente,

Daniel Machado
publigc@usp.br