

GEOLOGIA, PETROLOGIA E CONTEXTO GEOTECTÔNICO DOS GNAISSES E GRANITÓIDES DA REGIÃO DE COLATINA, ESPÍRITO SANTO

Alexandre Uhlein¹, Jorge Roncato Junior², Marcos Egydio-Silva³, Yaro M. Parizek-Silva⁴, Michele Alves⁵

1- UFMG-IGC, CPMTc, Campus Pampulha, Av. Antonio Carlos, 6627, 31270-901, Belo Horizonte, MG - auhlein@gmail.com

2- Programa de Pós-Graduação em Geologia da UFMG, Campus Pampulha, Av. Antonio Carlos, 6627, 31270-901, Belo Horizonte, MG - roncatojr@yahoo.com.br

3- USP- IGC, Rua do Lago 562, Cidade Universitária, 05508-080, São Paulo, SP - megydios@usp.br

4- PETROBRAS/CENPES/PDGeo/IRPS, Avenida Horácio Macedo, 950, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, 21941-791, Rio de Janeiro, RJ. - yaromoises@yahoo.com.br

5- Geóloga-Consultora. malves@ngg.com.br

Recebido em 7 de novembro de 2013; aceito em 30 de agosto de 2014

RESUMO: A região de Colatina, Estado do Espírito Santo, foi objeto de mapeamento geológico e detalhado estudo petrográfico e geoquímico visando reconhecer e caracterizar paragneisses migmatíticas do Complexo Nova Venécia e granitóides sincolisionais do tipo S – Granitóide Colatina, que ocorrem no núcleo metamórfico-anatético do Orógeno Araçuai. O Complexo Nova Venécia, é representado por paragneisses migmatíticas, cujas relações de campo, dados de mineralogia, petrografia, geoquímica e geocronologia indicam que estas rochas foram, originalmente, sedimentos peraluminosos de composição grauvaquiana, depositados em possível bacia de retroarco. O Granitóide Colatina varia de monzogranitos a tonalitos, representando uma fusão anatética do tipo-S, ocorrida na fase sincolisional do Orógeno Araçuai, mostrando uma persistente foliação concordante com a foliação regional. As relações do Granitóide Colatina com as rochas do Complexo Nova Venécia evidenciam que se trata de uma fusão autóctone.

Palavras chave: Orógeno Araçuai, núcleo metamórfico, granitóides.

ABSTRACT: GEOLOGY, PETROLOGY AND GEOTECTONIC CONTEXT OF GNEISSES AND GRANITOIDES OF THE COLATINA REGION, ESPÍRITO SANTO, BRAZIL. The Colatina region, Espírito Santo state, Brazil, was the subject of detailed geological mapping and geochemical and petrographic study aiming to recognize and characterize the Nova Venécia Complex: migmatitic paragneisses, and S-type syncolisional granitoids – the Colatina Granitoid – occurring in the metamorphic core of the Araçuai orogen. The Nova Venécia Complex is represented by migmatitic paragneisses, whose field relations and mineralogical, petrographical, geochemical and geochronological data indicate that these rocks were originally peraluminous sediments with wacke affinities, probably deposited in a retroarc basin. The Colatina Granitoids varies from monzogranites to tonalites, representing a S-type anatetic melt occurred during the syn-collisional event of the Araçuai orogen, showing a persistent foliation concordant with the regional foliation. An autochthonous melt is interpreted from the relations between the Colatina Granitoids and the rocks from the Nova Venécia Complex.

Keywords: Araçuai orogen, metamorphic core, granitoids.

1. INTRODUÇÃO

O Orógeno Araçuai representa a antiga Faixa de Dobramentos Araçuai (Almeida 1977) e a região a leste dela, designada originalmente como Faixa Ribeira, constituída por rochas graníticas e metassedimentares de alto grau (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007, 2008; Alkmim *et al.*, 2007; Vauchez *et al.*, 2007). Estudos recentes utilizaram o termo Orógeno Araçuai ou Orógeno Araçuai-Congo Ocidental para denominar este conjunto orogênico neoproterozóico-cambriano. A região leste de Minas Gerais e o Estado do Espírito Santo são em parte relacionados a esta região orogênica Neoproterozóica. No Orógeno Araçuai são reconhecidos quatro estágios orogênicos denominados pré-colisional, ca. 630-580 Ma, sincolisional ca. 580-560 Ma, tardi-colisional ca. 560-530 Ma, e pós-colisional, ca. 530-490 Ma, caracterizados pela intrusão de diversos tipos de granitóides (Pedrosa-Soares & Wiedemann, 2000; Pedrosa-Soares *et al.*, 2001, 2007, 2008; e Vauchez

et al., 2007). Estudos pioneiros e importantes sobre o magmatismo granítico do leste de Minas Gerais e Espírito Santo são os de Wiedmann (1993), Campos Neto e Figueiredo (1995), e Bilal *et al.* (2000).

O domínio interno do Orógeno Araçuai, também chamado de núcleo metamórfico-anatético, foi estudado em detalhe na região de Colatina, Espírito Santo. A pesquisa constou de mapeamento geológico, na escala 1:75.000, onde foram cartografados paragneisses e granitóides em aproximadamente 460 Km², nos arredores da cidade de Colatina. Neste artigo, são apresentados os dados de mapeamento geológico, dados mineralógicos e petrográficos, enriquecidos com análises de microscópio eletrônico de varredura-MEV, além de dados estruturais, e, ainda, dados de análises geoquímicas que visam estudo petrológico e geotectônico, sobre a região de Colatina, área típica do domínio interno ou núcleo metamórfico - anatético do Orógeno Araçuai.

A área de trabalho é limitada pelos meridianos 40° 30' 4" - 40° 49' 46" W e paralelos 19° 29' 58" - 19° 38' 12" S e inserida na folha topográfica homônima, escala 1:100.000, SE-24-Y-C-VI (figura 1). A região pesquisada localiza-se ao longo do Vale do Rio Doce, representada pela depressão fluvial E-W e margens sul e norte, onde predominam colinas e tabuleiros. O principal curso d'água da região é o Rio Doce, tendo como afluentes importantes os rios Santa Joana, Pancas, Baunilha e São João Pequeno.

Trabalhos anteriores relevantes em Colatina e arredores, voltados principalmente para o mapeamento geológico da região, foram os de Tuller (1997), Karniol (2003), Karniol & Machado (2004), Gradim *et al.* (2005), Roncato Jr (2009), Tente *et al.* (2010) e Parizek-Silva & Alves (2011).

2. GEOLOGIA DA REGIÃO DE COLATINA, ES.

2.1. Introdução.

Na região de Colatina afloram rochas do núcleo metamórfico anatético do Orógeno Araçuaí representados pelo Complexo Nova Venécia (paragneisses migmatizadas), Granitóide Colatina (tonalitos a monzo-granitos geralmente foliados), Charnockito Itapina e Norito São Gabriel de Baunilha, além de coberturas detríticas recentes (Figura 1). Os paragneisses migmatizados predominam na área pesquisada e apresentam contatos transicionais com o Granitóide Colatina. O charnockito e o norito representam intrusões tardias, localizadas. As relações estratigráficas e geocronológicas entre estas rochas permitiram a confecção da Tabela 1.

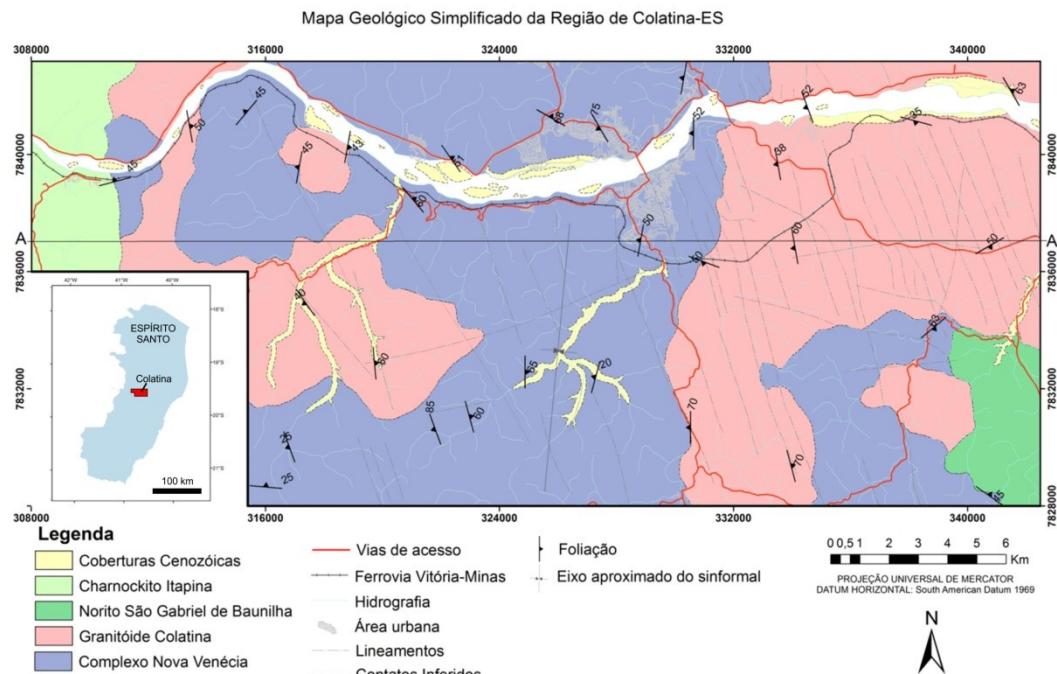


Figura 1 - Mapa geológico simplificado para a região de Colatina, ES, (modificada de Parizek-Silva & Alves, 2011) e localização da área de pesquisa no Espírito Santo. Localização da seção geológica da Figura 8.

Tabela 1 - Esquema litoestratigráfico da região de Colatina/ES.

CENOZÓICO		COBERTURAS SEDIMENTARES	
PALEOZÓICO	CÁMBRIANO	PLUTONISMO PÓS-COLISIONAL	CHARNOCKITO ITAPINA E NORITO SÃO GABRIEL DE BAUNILHA
		GRANITÓIDES TARDIA PÓS-COLISIONAIS	LEUCOGRANITOS
PROTEROZÓICO	EDÍACARANO	GRANITÓIDES SIN-COLISIONAIS	GRANITÓIDE COLATINA
		PRÉ-COLISIONAL	COMPLEXO NOVA VENÉCIA

2.2. Complexo Nova Venécia

A unidade migmatítica ocorre nas porções central e sudeste do mapa geológico de Colatina (Figura 1). Subordinadamente aparecem corpos menores dentro do Granitóide Colatina, onde os contatos são geralmente transicionais. Esta unidade perfaz aproximadamente a metade da área mapeada. São rochas paragnaíssicas (Figura 2), de cor cinza média, granulação variável e conspícuo bandamento (Figura 2A) marcado por variação composicional, com intercalação de bandas máficas (ricas em biotitas) e de bandas félsicas (quartzo-feldspáticas). São rochas gnáissicas que variam desde um granada gnaíse, para um sillimanita-granada gnaíse e mesmo um sillimanita-cordierita-granada gnaíse. Localmente apresentam rochas calcissilicáticas em bandas descontínuas e lentes (Figura 2B) e porções granulíticas. Mostram foliação nas bandas máficas, ricas em biotitas, subparalela ao bandamento composicional e ainda apresentam veios e bolsões quartzo-feldspáticos, devido à fusão anatética. Podem apresentar também estruturas *schlieren* (Figura 2C), *flebiticas* e dobras *ptigmáticas* (Figura 2D) como resultado da migmatização. As rochas calcissilicáticas apresentam granulação fina, coloração cinza-esverdeada, ocorrem em forma de lentes e *boudins*, envolvidas pela foliação do paragnaisse (Figura 2B). São compostas essencialmente por quartzo, plagioclásio, piroxênio, clinoanfíbólio e biotita. As rochas granulíticas

aparecem localmente como níveis centimétricos esverdeados de granulação fina a média, concordantes com o bandamento do gnaíse. São compostas essencialmente por quartzo, feldspato potássico, granada, plagioclásio, biotita e piroxênio.

Estas rochas migmatíticas eram antes associadas a gnaíses kinzigíticos do Complexo Paraíba do Sul (Silva *et al.*, 1987), de metamorfismo na transição de fácies anfíbolito-granulito e paragênese cordierita-granada-sillimanita-hercynita (Castañeda *et al.* 2006; Pedrosa-Soares *et al.* 2007; Roncato 2009). O Complexo Nova Venécia foi descrito originalmente por Noce *et al.* (2004), que identificaram paragnaísses peraluminosos com intercalações de rochas calcissilicáticas, portando zircões detríticos de idade máxima de sedimentação em torno de 608 Ma, numa possível bacia de retroarco. Segundo Noce *et al.* (2004) estes gnaíses ocorrem amplamente na região de Nova Venécia a Vitória, no Estado do Espírito Santo. Recentemente, Gradim (2013), em dissertação de mestrado, propõe que este complexo paragnáissico possua seis distintas proveniências, identificadas a partir de análises geocronológicas U-Pb em zircões detríticos. Ainda segundo Gradim (2013) a idade máxima de deposição do Complexo Nova Venécia seria de 590 Ma, com sedimentos areno-pelíticos que preencheram uma possível bacia de retro arco, situada a leste do arco magmático Rio Doce, aflorante na região de Governador Valadares (MG).

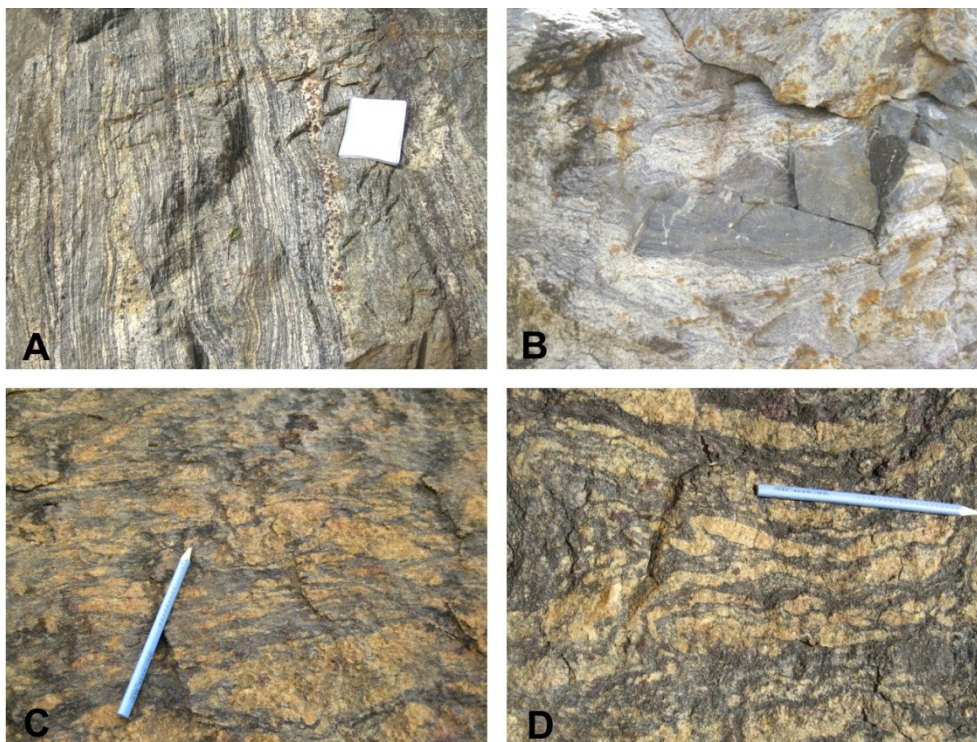


Figura 2 - Aspecto macroscópico dos paragnaísses do Complexo Nova Venécia, Colatina, ES. A - Foliação subparalela ao bandamento do paragnaisse. UTM: 330462/7830972. B - Lente de rocha calcissilicática do Complexo Nova Venécia. UTM: 343218/7841166. C - Estrutura *schlieren* em migmatito. UTM: 324954/7832278. D - Dobra *ptigmática* em migmatito. UTM: 324052/7840084.

2.3. Granitóide Colatina

Utiliza-se esta nomenclatura conforme Tuller (1993), que identificou granitóides foliados mostrando contatos gradacionais e tectônicos com os paragneisses da região de Colatina.

O Granitóide Colatina localiza-se principalmente na porção leste da região mapeada e secundariamente a oeste, totalizando aproximadamente 40% da área mapeada. Mostra cor cinza ou cinza esverdeada e granulação fina a média (Figura 3). Na porção centro-oeste da área ocorre predomínio da coloração verde acinzentada nas rochas, devido a presença de piroxênio. O Granitóide Colatina é uma rocha inequigranular, fernerítica, geralmente foliada, mostrando planos de biotitas bem orientados (Figura 3A) e presença frequente de veios e bolsões de fusão de material leucocrático (leucogranitos – Figura 3D). Em função da foliação, mostra freqüente gradação de estruturas *schlieren a nebulítica*, além de enclaves de paragneisses. Como mineralogia essencial observa-se quartzo, feldspato potássico, biotita,

granada, plagioclásio e cordierita (Figuras 3B e 3C). Os leucogranitos da fusão são rochas que mostram quartzo, feldspatos, granada e/ou cordierita, com textura isotrópica (Figura 3D).

Em função dos dados de campo e petrográficos infere-se que o Granitóide Colatina pertence a suíte G2, relacionada à granitogênese sin-colisional gerada entre 585 – 560 Ma no Orógeno Araçuaí (conforme Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos, 2000; Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007, 2008; Silva *et al.* 2005). São granitos peraluminosos, tipo-S, que regionalmente foram afetados pela deformação dúctil e localmente apresentam porções preservadas desta deformação (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007; Roncato 2009). Noce *et al.* (2000, 2004) registraram a idade de cristalização magmática de 591 ± 5 Ma (Pb-Pb, evaporação de zircão), Silva *et al.* (2005) de 573 ± 5 Ma (zircão, U-Pb SHRIMP), Roncato (2009) de 576 ± 5 Ma (zircão, U-Pb SHRIMP) e Nalini Jr *et al.*, 2000 (U-Pb em zircão, Granito Urucum, 582 ± 2 Ma), todos estes trabalhos sobre diferentes fácies da Suíte G2.



Figura 3 - Aspecto macroscópico do Granitóide Colatina. A - Foliação conspícua no Granitóide Colatina UTM: 343218/7841166. B - Feldspato com geminação de Carls Bad no Granitóide Colatina UTM: 332391/7840187. C - Granada no Granitóide Colatina UTM: 330462/7830972. D - Leucogranito que se apresenta como veios e bolsões. UTM: 312776/7837122.

2.4. Charnockito Itapina e Norito São Gabriel de Baunilha

Na área pesquisada ocorrem dois corpos ígneos distintos classificados como charnockito e norito. O corpo Charnockito Itapina aflora na região noroeste e o corpo Norito São Gabriel de Baunilha localiza-se a sudeste do mapa geológico (Figura 1). O Charnockito Itapina aflora próximo do distrito homônimo e é caracterizado por uma rocha de cor verde escuro, com granulação variando de média a grossa e cristais de feldspatos de até 5 cm. Não é observada foliação, mas é possível identificar lineações de fenocristais, denotando fluxo magmático. A rocha é composta essencialmente por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, ortopiroxênio e biotita. O Norito São Gabriel da Baunilha está localizado nas proximidades do povoado de São Gabriel de Baunilha e é caracterizado pela presença predominante de norito, juntamente com menores quantidades de charnockito. O norito apresenta cor cinza escura e granulação variável de fina a média. É composto essencialmente por plagioclásio, ortopiroxênio, biotita e quartzo.

Estas rochas podem ser associadas à suíte G5 (ou Suíte Aimorés), conforme os trabalhos de Noce *et al.* (2000), Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos (2000); Pedrosa-Soares *et al.* (2001, 2006, 2008), Castañeda *et al.* (2006), que descrevem intrusões tardias do tipo-I, pós-colisionais, de fácies graníticas, charnockíticas, enderbíticas, noríticas e/ou anortosíticas, sem a foliação regional.

2.5. Coberturas Cenozóicas

As coberturas cenozóicas correspondem a aluviões, com areia e cascalhos, colúvios e solos generalizados. Localmente podem ser evidenciados coberturas argilosas de planície de inundação.

3. PETROGRAFIA E MINERALOGIA DOS PARAGNAISSES E GRANITÓIDES DA REGIÃO DE COLATINA, ES.

A análise microscópica dos paragnaisse do Complexo Nova Venécia (Figura 4) indicou que, além de quartzo (20 a 44%), plagioclásio (7 a 43%), feldspato potássico (até 35%), biotita (7 a 25%), granada (5 a 25%) e cordierita (até 7%), a rocha é também composta por sillimanita (até 3%), zircão (<1%), apatita (<1%) e minerais opacos (<1%) como acessórios. Como secundários observam-se carbonatos (<1%), epidoto (<1%) e muscovita (<1%).

A textura dos paragnaisse é granolepidoblástica e alguns minerais como granada e cordierita podem

ser poiquiloblásticos (Figuras 4A, 4B e 4F). Observa-se contato poligonal e interlobado entre os grãos, e processos de alteração como sericitização em feldspato potássico, epidotização e carbonatização em plagioclásio, caolinização em feldspato potássico e plagioclásio e halos de alteração do zircão em biotita e cordierita. As granadas apresentam inclusões de sillimanita, feldspatos, quartzo e biotita (Figura 4A, 4B, 4F), já as cordieritas, inclusões de sillimanita e biotita (Figuras 4C, 4D, 4E). O feldspato potássico normalmente apresenta textura de exsolução como micropertitas. Outros tipos de texturas verificadas são as de intercrescimento, como mimerquitas.

A rocha calcissilicática mostra quartzo, plagioclásio, ortopiroxênio, clinopiroxênio, clinoanfíbólio, granada e biotita. Minerais secundários são epidoto, carbonato, clorita e muscovita, e os acessórios são apatita e minerais opacos. A textura observada é granonematoblástica e as granadas são poiquiloblásticas, apresentando inclusões de quartzo.

Nas rochas granulíticas, de ocorrência localizada, foram identificados quartzo, feldspato potássico, granada, plagioclásio, biotita e ortopiroxênio, como minerais essenciais, e textura granolepidoblástica. O mineral acessório é o zircão enquanto os secundários são muscovita, carbonato, epidoto, óxido de ferro. É possível observar mimerquitas, contatos poligonais entre os grãos e granadas poiquiloblásticas.

O Granitóide Colatina é caracterizado como uma rocha holocristalina, microcristalina e inequigranular. É composta essencialmente por quartzo (30 a 41%), feldspato potássico (até 30%), plagioclásio (20 a 42%), granada (3 a 22%), biotita (3 a 15%), cordierita (até 7%) (Figura 5). Os minerais acessórios (< 1%) são sillimanita, apatita, opacos e zircão, e os acessórios secundários são muscovita, carbonato, epidoto, clorita. Os plagioclásios apresentam geminação polissintética em uma direção e o feldspato potássico pode apresentar micro a mesopertitas. A textura hipidiomórfica sobressai (Figura 5A). Observa-se textura de intercrescimento (Figura 5C), granadas poiquilíticas (Figura 5B), e contatos que variam de poligonal a interlobados. Os leucogranitos mostram textura hipidiomórfica com cristais anédricos (Figura 5D).

A estimativa modal do Granitóide Colatina permitiu a sua classificação em tipos como monzogranitos, granodioritos e tonalitos (Streckeisen, 1976, figura 6), com predomínio dos tonalitos sobre os primeiros.

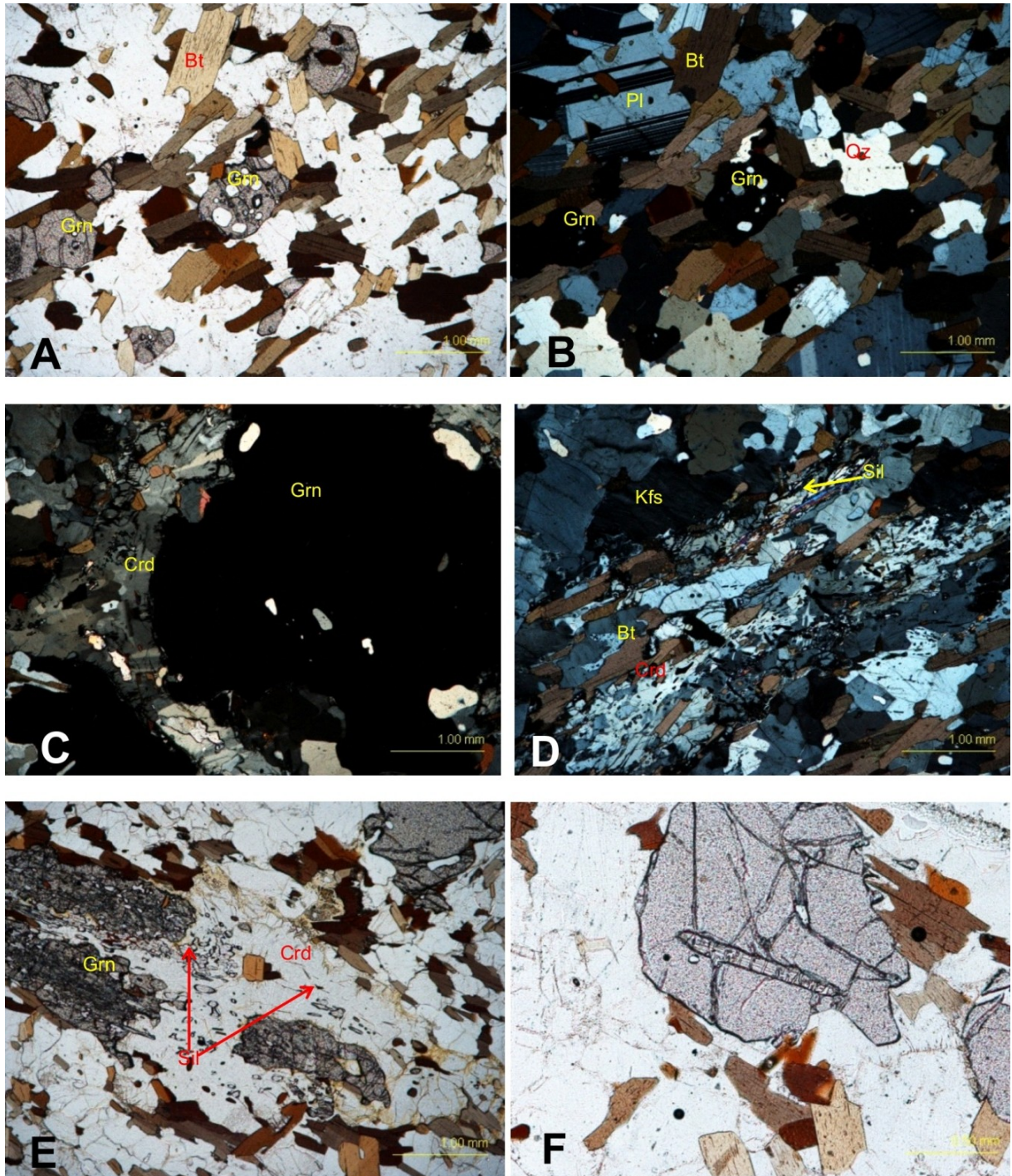


Figura 4 - Aspectos petrográficos microscópicos dos paragnaisses do Complexo Nova Venécia. A - Imagem em luz transmitida (nicóis descruzados) Paragnaisse - Granada poiquiloblástica e lamelas orientadas de biotita. UTM: 332391/7840817. B - Imagem em luz transmitida (nicóis cruzados) Paragnaisse - Granada poiquiloblástica e lamelas orientadas de biotita. UTM: 332391/7840817. C - Imagem em luz transmitida (nicóis cruzados) Paragnaisse - Granada associada à cordierita. UTM: 333209/7842017. D - Imagem em luz transmitida (nicóis cruzados) Paragnaisse - Biotitas e cordieritas orientadas segundo a foliação. UTM: 333209/7842017. E - Imagem em luz transmitida (nicóis descruzados) Paragnaisse - Cordierita associada à granada e sillimanita. UTM: 320240/7837660. F - Imagem em luz transmitida (nicóis descruzados) Paragnaisse - Granada com inclusão de sillimanita. UTM: 333209/7842017

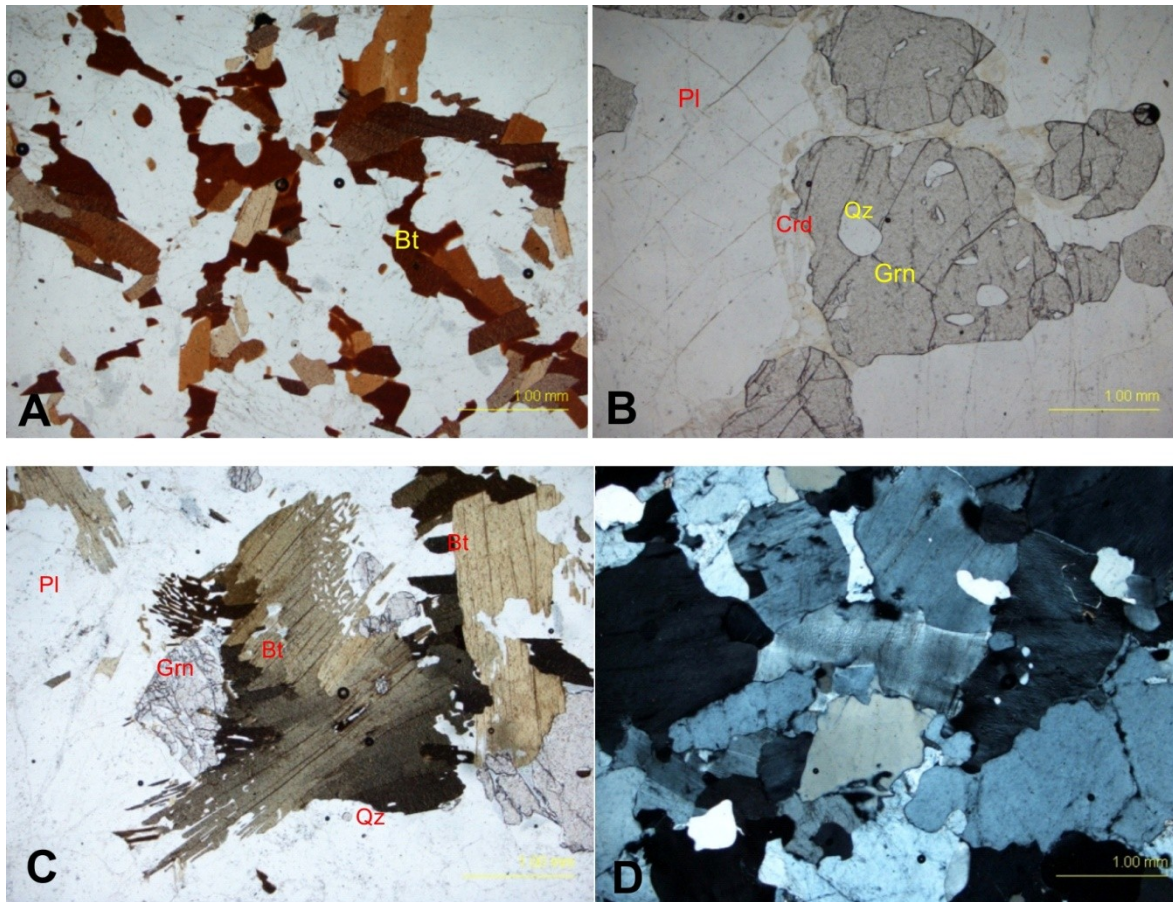


Figura 5 - Aspectos petrográficos microscópicos dos Granitóides Colatina. A - Imagem em luz transmitida (nicóis descruzados) Granitóide - Aspecto geral da disposição das lamelas de biotita. UTM: 317126/7839864. B - Imagem em luz transmitida (nicóis descruzados) Granitóide - Granada poiquiloblástica com bordas de cordierita. UTM: 334016/7838859. C - Imagem em luz transmitida (nicóis descruzados) Granitóide - Feições de intercrescimento de biotitas e feldspatos. UTM: 341697/7841929. D - Imagem em luz transmitida (nicóis cruzados) Leucogranito - Cristais anédricos de quartzo e feldspato perítico. UTM: 340922/7842602.



Figura 6 - Classificação do Granitóide Colatina em diagrama QAP modal de Streckeis (1976).

Visando detalhar a petrografia microscópica convencional (microscópio de luz transmitida) foram realizadas análises complementares de MEV/EDS (Microscopia Eletrônica de Varredura / Espectrometria de Energia Dispersiva de Raios-X) para 3 (três) amostras da região, sendo uma do granulito do Complexo Nova Venécia e duas do Granitóide Colatina.

De acordo com os dados obtidos por análise de MEV/EDS para a amostra granulito do Complexo Nova Venécia (Figura 7), o piroxênio encontrado no granulito é do tipo ferro-hiperstênio (Figura 7A e 7B). Este se encontra bastante alterado, dando origem a uma fase de alteração rica em ferro. Além disso, foi possível constatar que as granadas são do tipo almandina e o plagioclásio labradorita (Figuras 7C e 7D). Foram encontrados minerais acessórios como pirita (Figura 7D), monazita, esfalerita, óxido de ferro e óxido de titânio, que não haviam sido identificados na microscopia ótica. As

composições semi-quantitativas dos principais minerais estão dispostas na tabela 2.

Os resultados das microanálises para amostras do Granitóide Colatina da porção leste do mapa indicaram que as granadas desta amostra são do tipo almandina e o plagioclásio é a labradorita (Figura 7E e 7F). Foram encontrados raros cristais de monazita, que não haviam sido identificados na microscopia ótica (Figura 7F). As composições médias dos principais minerais desta amostra estão dispostas na tabela 3.

A outra amostra analisada em microscopia eletrônica representa os granitóides esverdeados da porção centro-oeste. As microanálises indicaram que o clinopiroxênio existente corresponde a hedenbergita, o ortopiroxênio é o hiperstênio e o plagioclásio é a labradorita (Figuras 7G e 7H). Os minerais opacos foram identificados como hematita e ilmenita. As composições médias dos principais minerais desta amostra estão dispostas na tabela 4.

Tabela 2 - Composição média dos principais minerais de uma amostra de granulito do Complexo Nova Venécia.

Composição média dos principais minerais (resultados em óxidos, desconsiderando H)									
Minerais	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe
Ortopiroxênio		15,24	2,54	50,95					31,28
Granada		5,48	19,84	38,35		2,10		1,31	32,92
Plagioclásio	6,63		23,83	62,43		7,11			
K-feldspato	1,76		17,56	66,10	14,46				
Biotita		11,58	15,85	38,21	10,29		4,57		19,50

Tabela 3 - Composição média dos principais minerais de uma amostra da porção leste do Granitóide Colatina.

Composição média dos principais minerais (resultados em óxidos, desconsiderando H)										
Minerais	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	Mn	Fe
Granada		5,11	19,79	38,76			2,88		1,13	32,33
Biotita	0,21	9,03	15,74	37,58	0,44	10,33	0,46	5,57		20,66
Plagioclásio	6,58		24,06	61,74		0,40	7,33			
K-feldspato	1,27		17,48	65,12		16,14				

Tabela 4 - Composição média dos principais minerais de uma amostra da porção centro-oeste do Granitóide Colatina.

Composição média dos principais minerais (resultados em óxidos, desconsiderando H)									
Minerais	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe
Ortopiroxênio		12,99	1,13	51,04		6,02		1,37	27,81
Clinopiroxênio		10,05	1,51	51,61		22,41		0,37	14,06
Plagioclásio	4,87		26,33	57,59	0,45	10,76			
Biotita		9,45	13,61	38,36	10,10	0,22	6,34		21,93
K-feldspato			17,99	63,89	17,12		0,99		
Anfíbólio	1,18	7,50	10,79	43,63	1,72	12,09	2,51		20,59

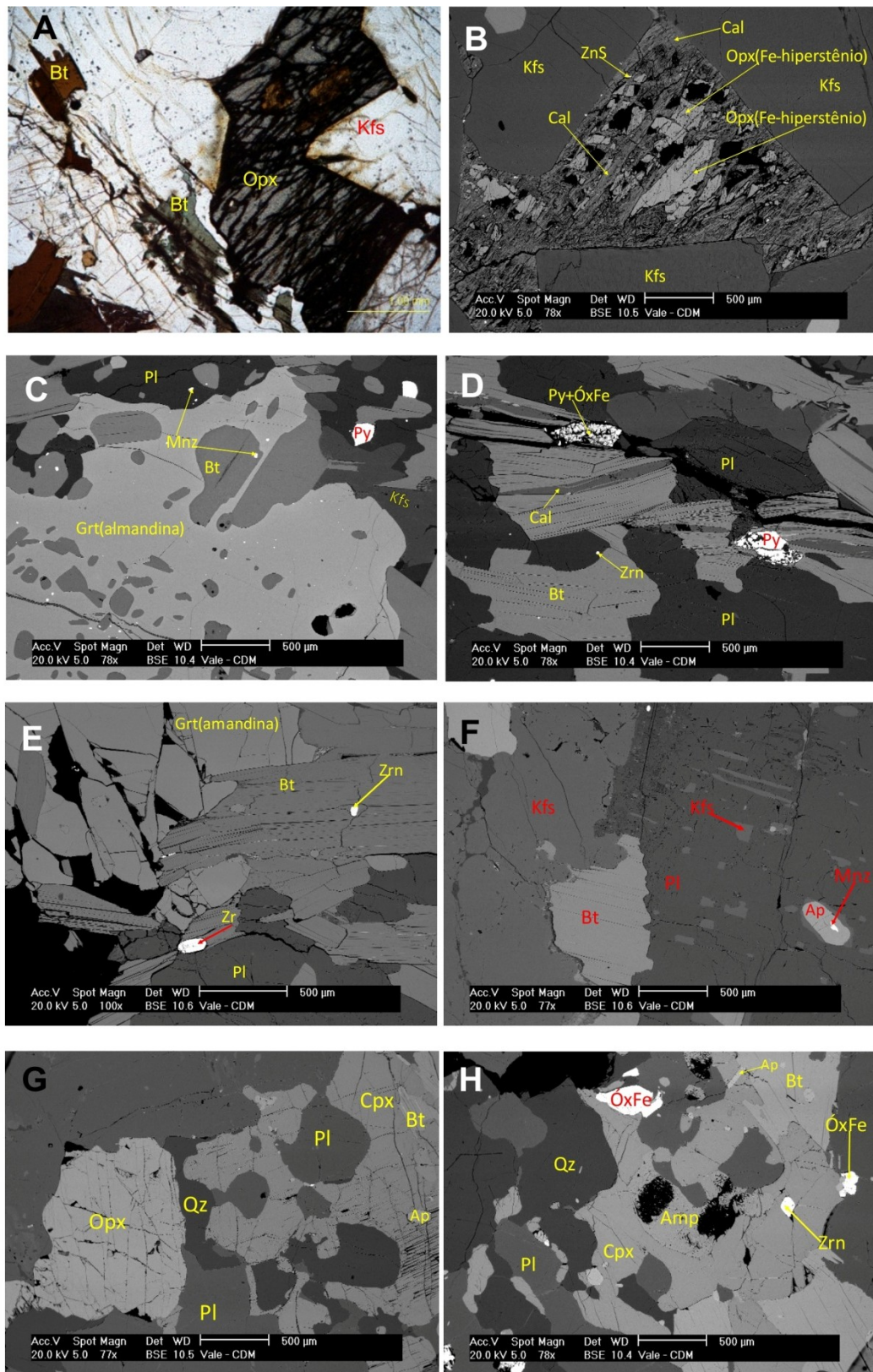


Figura 7 - Microscopia eletrônica (MEV/EDS) para granulito do Complexo Nova Venécia e duas amostras dos Granitóides Colatina. **A** - Imagem de microscópio eletrônico – Granulito - Ortopiroxênio muito fraturado. UTM: 332391/7840817. **B** - Imagem de microscópio eletrônico – Granulito - Cristais de K-feldspato e cristal de ortopiroxênio alterado. UTM: 332391/7840817. **C** - Imagem de microscópio eletrônico – Granulito - Granada (almândina) poiquiloblástica. UTM: 332391/7840817. **D** - Imagem de microscópio eletrônico – Granulito - Biotitas orientadas e grãos de pirita e óxido de ferro. UTM: 332391/7840817. **E** - Imagem de microscópio eletrônico – Granitóide - Granada almândina e lamelas orientadas de biotita. UTM: 334722/7839550. **F** - Imagem de microscópio eletrônico – Granitóide - Plagioclásio com lamelas de K-feldspato. UTM: 334722/7839550. **G** - Imagem de microscópio eletrônico – Granitóide - Orto e clinopiroxênios. UTM: 315472/7835571. **H** - Imagem de microscópio eletrônico – Granitóide - Ortopiroxênio associado a anfibólio. UTM: 315472/7835571

4. GEOLOGIA ESTRUTURAL E METAMORFISMO DA REGIÃO DE COLATINA, ES.

O acervo estrutural da região inclui, essencialmente, as tramas gnáissicas, foliação regional, zonas de cisalhamento, dobras e estruturas migmatíticas (como *schlieren*, flebíticas e dobras ptigmáticas), além do fluxo ígneo, que é registrado nas rochas pós-colisionais. Dobras amplas, abertas, que deformam a foliação dos paragnaisses e granitóides correspondem a feições estruturais tardias provavelmente compressivas (Figura 8).

A feição estrutural mais representativa na área do mapeamento é a foliação dúctil presente nas rochas do Complexo Nova Venécia e no Granitóide Colatina (Figuras 2A e 3A). Essa estrutura é registrada pelas lamelas orientadas de biotita, e subordinadamente, pela orientação dos cristais de sillimanita e estiramento e achatamento de cordierita, granada e feldspatos. Esta foliação é perfeitamente visível nos paragnaisses, realçada pelo bandamento gnáissico. Está presente também no Granitóide Colatina, principalmente nas fácies de borda. Para o interior do granitóide a foliação torna-se mais sutil, às vezes imperceptível. A foliação é, frequentemente, truncada por veios e bolsões de leucogranito. Observa-se uma tendência de direção NNW-SSE com mergulhos médios de 50° para NE e para SW, conforme mostrado no diagrama estereográfico da seção geológica (Figura 8).

As medidas de foliações obtidas em campo para o Complexo Nova Venécia (Figura 8) evidenciam uma tendência de direção NW-SE e mergulhos médios de 50° predominantemente para SW, com algumas ocorrências para NE. Nos paragnaisses se

alternam bandas ricas em biotita, granada, cordierita e sillimanita, e bandas ricas em quartzo e feldspatos. São comuns bolsões e veios, principalmente nos locais onde há maior grau de migmatização.

A análise do mapa geológico (Figura 1) e da seção geológica (figura 8) mostra ampla variação do mergulho da foliação, ora para SW, ora para NE, em todos os litotipos, representando dobras tardias da foliação. Antiformes e sinformes abertos, como aqui registrados, também foram descritos por Tente *et al.* (2010) ao sul de Colatina. Estes grandes dobramentos podem ser truncados por intrusões de charnockito, ou mostrarem núcleos de paragnaisses e Granitóide Colatina nos sinformais e antiformais da região de Santa Joana. O Sinformal de Colatina, região centro norte do mapa (figura 1 e Figura 8) possui eixo aproximado N-S com mergulho de cerca de 25°. Na porção leste, o antiformal de Barbados tem eixo similar e mergulho aproximado de 10°.

Assim, a análise estrutural da região indica a existência de duas fases de deformação, D1 e D2. A fase D1 gerou o bandamento gnáissico no Complexo Nova Venécia e a foliação dúctil do Granitóide Colatina. Esta fase deve estar relacionada à principal fase tectônica do orógeno Araçuaí. A fase D2 gerou dobras antiformais e sinformais abertas e amplas, de escala quilométrica, que deforma a foliação dúctil (Figura 8). Um estudo estrutural e tectônico do Granitóide Colatina está sendo efetuado, com auxílio de anisotropia de susceptibilidade magnética-ASM, visando melhor compreender a cinemática predominante da fase D1.

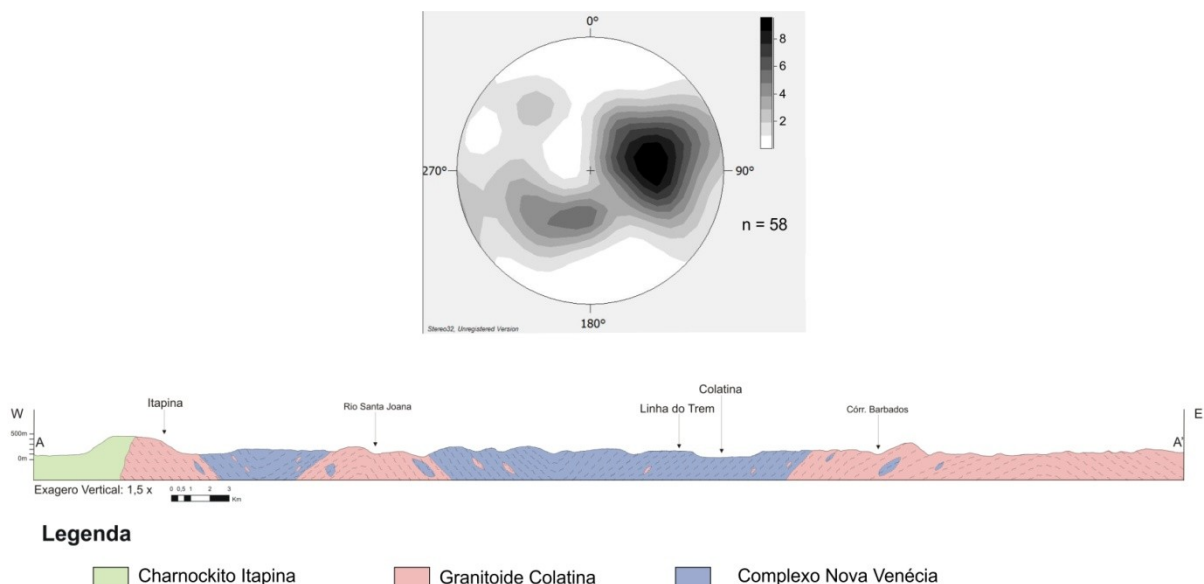


Figura 8 - Seção Geológica E-W na região de Colatina – ES, com estereograma de foliações no Comp. N. Venécia

O metamorfismo que ocorre na área é do tipo regional, caracterizado por rochas metamórficas de zonas orogênicas, acompanhado de deformação dúctil durante a fase D₁. Os gnaisses da região de Colatina apresentam associação quartzo – biotita – plagioclásio – feldspato potássico – granada – cordierita – sillimanita, indicando que essas rochas atingiram a zona superior da sillimanita, em fácies anfibolito alto. A presença de sillimanita prismática bem desenvolvida é em geral restrita ao fácies granulito e a associação granada – cordierita – feldspato potássico é típica de migmatitos pelíticos de alto grau, sendo frequentemente considerada como o início da fácies granulito (Spear, 1993; Yardley, 2004). As rochas calcissilicáticas mostram a paragênese de quartzo – plagioclásio – biotita – granada – ortopiroxênio +/- (clinopiroxênio, clinofibólito) que as caracteriza como pertencentes à zona da anortita-piroxênio. Os granulitos mostram paragênese formada por quartzo – feldspato potássico – granada – plagioclásio – ortopiroxênio – sillimanita – biotita, registrando a fácies granulito.

Para Munhá *et al.* (2005), o grau metamórfico da região atingiu o fácies granulito com temperaturas de 850 +/- 30 °C e pressão de 6,5 +/- 0,5 kbar, com paragênese granada – biotita – cordierita - feldspato potássico – plagioclásio - quartzo +/- (sillimanita, ortopiroxênio, espinélio, ilmenita). Outros trabalhos relatam estas rochas na transição anfibolito alto à granulito (Castañeda *et al.*, 2006; Pedrosa-Soares *et al.*, 2006; Roncato, 2009; Tente *et al.*, 2010). Em estudo sobre o metamorfismo regional, Gradim (2013) reafirma resultados anteriores, com pico metamórfico na fácies granulito, conforme já descrito por Munhá *et al.* (2005). A coexistência mais comum nos granitóides dessa região é quartzo – granada - biotita - plagioclásio – feldspato potássico, mas apresentam também a paragênese de quartzo – biotita – plagioclásio +/- (clinopiroxênio, sillimanita). Os granitóides da região são derivados da anatexia dos gnaisses do Complexo Nova Venécia (Pedrosa-Soares *et al.*, 2006, 2008; Roncato, 2009).

5. GEOQUÍMICA

Foram realizadas 12 (doze) análises de rocha total, sendo 4 (quatro) análises de gnaisses do Complexo Nova Venécia (COL003, COL027, COL035 e COL061) e 6 (seis) do Granitóide Colatina (COL018, COL021, COL022, COL166, COL168 e COL218). As amostras COL032 e COL 118 representam o charnockito e o gabro norito, que, devido ao número reduzido de análises, não serão discutidas no texto.

Os teores de elementos maiores, traços e terras raras foram determinados pela ACME *Analytical Laboratories* LTD, em Vancouver, no Canadá, via ICP-MS, após fusão com metaborato / tetraborato de lítio e digestão com ácido nítrico diluído.

Através das análises químicas efetuadas determinaram-se os elementos maiores (SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅), os traços (Ba, Rb, Sr, Ta, Nb, Y, Ga, Zr, Th, Hf, U, V, Co, W, Be, Cs, Cu, Pb, Zn, K, P, Ti) e os elementos Terras Raras (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu), cujos resultados encontram-se na tabela 5.

Pelas análises dos elementos maiores observa-se que há significativa diferença entre a química das rochas estudadas. Três amostras do Granitóide Colatina são classificadas como rochas intermediárias, mostrando teor de sílica entre 52% e 65%. Entretanto, outras três amostras mostraram valores acima de 65% de SiO₂.

O índice de alumina (IAS_T = pmAl₂O₃ / (pmNa₂O + pmK₂O + pmCaO)) determina a saturação total conforme Rittmann (1973). As rochas analisadas são classificadas como peraluminosas, uma vez que o IAS_T é maior que 1. Isto já era esperado uma vez que estas rochas (paragnaisses e granitóides) são derivadas de sedimentos aluminosos de uma possível bacia sedimentar de retroarco. Nas rochas peraluminosas, o excesso de alumina, após a saturação dos feldspatos ou feldspatóides, é incorporado em minerais fêmicos (máficos) ou acessórios portadores de Al, tais como granada, cordierita, sillimanita, muscovita, biotita, etc, conforme Rollinson (1993).

De acordo com os diagramas de Harker (figura 9) pode-se observar correlação negativa entre os elementos TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO e P₂O₅ e a sílica. Observa-se que com o aumento da sílica há empobrecimento dos outros elementos, isto se deve a processos anatéticos e de diferenciação do magma. Já os elementos Na₂O e K₂O apresentam-se de maneira mais errática, não mostrando correlação.

As composições normativas CIPW foram calculadas segundo base anidra, através de programa de cálculo feito no Microsoft Excel para as rochas ígneas da região, especialmente para amostras dos Granitóides Colatina (6 amostras), conforme a Tabela 6.

Tabela 5 - Composição química das rochas da região de Colatina/ES (elementos maiores em porcentagem de peso; elementos traços e Terras Raras em ppm). Complexo Nova Venécia (COL003, COL027, COL035 e COL061), e Granitóide Colatina (COL018, COL021, COL022, COL166, COL168 e COL218). COL 032 e 118 são charnockito e gabro-norito, respectivamente.

	COL003	COL027	COL035	COL061	COL018	COL021	COL022	COL 166	COL 168	COL 218	COL032	COL 118
SiO ₂	69,55	55,92	80,71	68,36	70,24	73,30	71,32	56,70	64,20	73,41	66,77	48,17
Al ₂ O ₃	14,91	21,45	8,95	13,03	14,93	13,90	14,51	17,50	16,32	13,91	14,75	16,67
TiO ₂	0,65	1,44	0,79	0,79	0,21	0,18	0,40	1,05	0,62	0,18	0,70	3,10
Fe ₂ O ₃	3,50	8,18	4,28	8,55	3,95	3,37	3,29	8,63	5,76	3,00	4,58	11,92
MnO	0,02	0,06	0,06	0,15	0,09	0,09	0,04	0,14	0,09	0,07	0,05	0,13
MgO	1,22	4,92	1,25	2,56	0,67	0,50	0,74	3,07	1,82	0,34	0,63	5,39
CaO	3,79	0,21	1,18	1,79	1,92	1,61	2,25	7,33	4,08	2,97	2,16	8,06
Na ₂ O	3,34	0,97	1,47	1,53	3,02	3,31	2,93	2,99	3,39	3,19	2,82	2,70
K ₂ O	1,72	5,41	0,60	2,69	4,54	3,38	4,05	1,60	1,58	2,34	6,45	1,28
P ₂ O ₅	0,10	0,06	0,11	0,02	0,09	0,05	0,05	0,32	0,18	0,04	0,25	1,65
LOI	1,10	1,10	0,50	0,30	0,20	0,20	0,30	0,40	1,90	0,40	0,50	0,50
TOTAL	99,90	99,72	99,90	99,77	99,86	99,89	99,88	99,73	99,94	99,85	99,66	99,57
Ba	263,00	584,00	86,00	825,00	703,00	452,00	564,00	714,00	132,00	1137,00	1899,00	836,00
Rb	83,60	232,50	30,70	103,60	112,70	81,00	112,80	39,50	97,50	26,90	163,40	30,80
Sr	221,30	119,10	103,40	177,10	152,20	113,70	184,60	535,30	149,60	321,20	327,30	1008,90
Ta	0,70	0,90	0,90	0,60	0,10	0,05	0,20	0,30	0,40	0,10	1,50	0,60
Nb	15,50	21,00	13,40	11,70	5,00	3,10	7,60	8,70	11,20	4,00	25,50	14,50
Y	2,70	4,20	25,60	62,20	36,90	39,20	24,20	24,50	23,70	32,10	28,60	17,00
Ga	21,80	32,50	11,60	13,30	15,10	13,20	15,40	18,50	22,90	14,10	21,40	20,40
Zr	116,90	241,90	397,30	284,40	83,30	118,50	94,20	216,30	135,80	129,20	440,50	183,40
Th	0,10	19,20	20,80	11,30	9,00	15,50	11,40	2,60	8,60	5,10	4,00	8,00
Hf	3,30	6,80	10,60	8,10	2,70	4,20	2,80	5,30	3,90	3,60	10,50	4,70
U	0,20	1,70	4,00	0,80	0,70	1,10	0,40	0,20	0,80	0,20	1,00	0,80
V	77,00	237,00	77,00	116,00	26,00	17,00	35,00	148,00	89,00	12,00	32,00	239,00
Co	9,10	31,60	8,20	15,80	4,20	3,30	4,90	18,40	10,70	2,40	6,00	31,90
W	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Be	2,00	2,00	2,00	0,50	0,50	1,00	0,50	0,50	1,00	0,50	2,00	1,00
Cs	0,70	4,20	0,90	1,20	0,60	0,20	0,70	0,30	0,90	0,05	0,80	0,30
Cu	6,30	19,50	2,90	13,30	5,60	11,40	2,10	16,00	15,50	2,40	5,50	34,20
Pb	3,20	1,30	2,20	2,10	2,00	1,70	1,40	1,50	6,60	0,70	1,30	3,80
Zn	61,00	139,00	38,00	76,00	35,00	21,00	49,00	50,00	104,00	18,00	40,00	55,00
K	27727	8052	12203	12701	25070	27478	24323	24821	28142	26482	23410	22414
P	437	262	480	87	393	218	218	1397	786	175	1092	7204
Ti	3897	8633	4736	4736	1259	1079	2398	6295	3717	1079	4196	18584
La	10,50	52,80	55,10	34,80	24,30	38,90	51,70	35,10	19,50	44,80	65,80	71,00
Ce	18,80	108,80	108,30	65,80	49,30	79,30	63,30	72,50	43,10	82,60	134,10	149,50
Pr	2,10	12,36	12,12	7,12	5,55	9,10	9,07	8,86	5,30	9,11	16,34	18,23
Nd	8,00	46,50	43,70	25,00	20,00	34,90	32,30	34,50	20,70	32,10	64,70	69,40
Sm	1,79	8,22	8,04	4,50	4,31	6,97	5,41	6,40	5,60	5,09	11,51	10,93
Eu	1,18	1,21	0,89	1,71	1,11	1,02	1,68	1,86	0,85	1,72	3,00	2,65
Gd	1,50	5,93	6,85	5,18	4,66	5,99	4,95	5,48	5,68	3,91	8,64	7,24
Tb	0,19	0,60	1,02	1,18	0,90	0,96	0,69	0,82	0,94	0,64	1,18	0,81
Dy	0,79	1,65	5,34	9,32	5,85	6,52	3,86	4,69	4,99	4,71	6,10	3,76
Ho	0,08	0,11	0,90	2,13	1,31	1,39	0,73	0,86	0,81	1,20	1,04	0,56
Er	0,19	0,22	2,23	6,24	4,02	4,29	2,02	2,51	2,06	4,15	2,75	1,41
Tm	0,03	0,04	0,28	0,90	0,62	0,69	0,29	0,36	0,28	0,68	0,39	0,19
Yb	0,15	0,25	1,58	5,42	3,89	4,36	1,55	2,26	1,62	4,44	2,14	1,05
Lu	0,02	0,04	0,23	0,76	0,58	0,64	0,22	0,33	0,22	0,69	0,31	0,14

O quartzo normativo apresenta grande variação entre as amostras num intervalo entre 2,02% e 36,01%. A composição normativa de albita e ortoclásio apresenta alguma variação, assim como o quartzo normativo. Os valores para a albita encontram-se entre 23,33% e 29,42%, enquanto os de ortoclásio 9,58% e 38,60%. Estas variações podem refletir o comportamento dos óxidos K_2O e

Na_2O . Os teores de anortita também apresentam grandes variações, sendo entre 7,74% e 30,21%. Estes teores são devidos a concentração do óxido CaO , bem como os teores de plagioclásios nas amostras. O córindon é também um importante mineral normativo, pois representa o caráter peraluminoso das rochas. Os valores encontram-se no máximo de 2,05%.

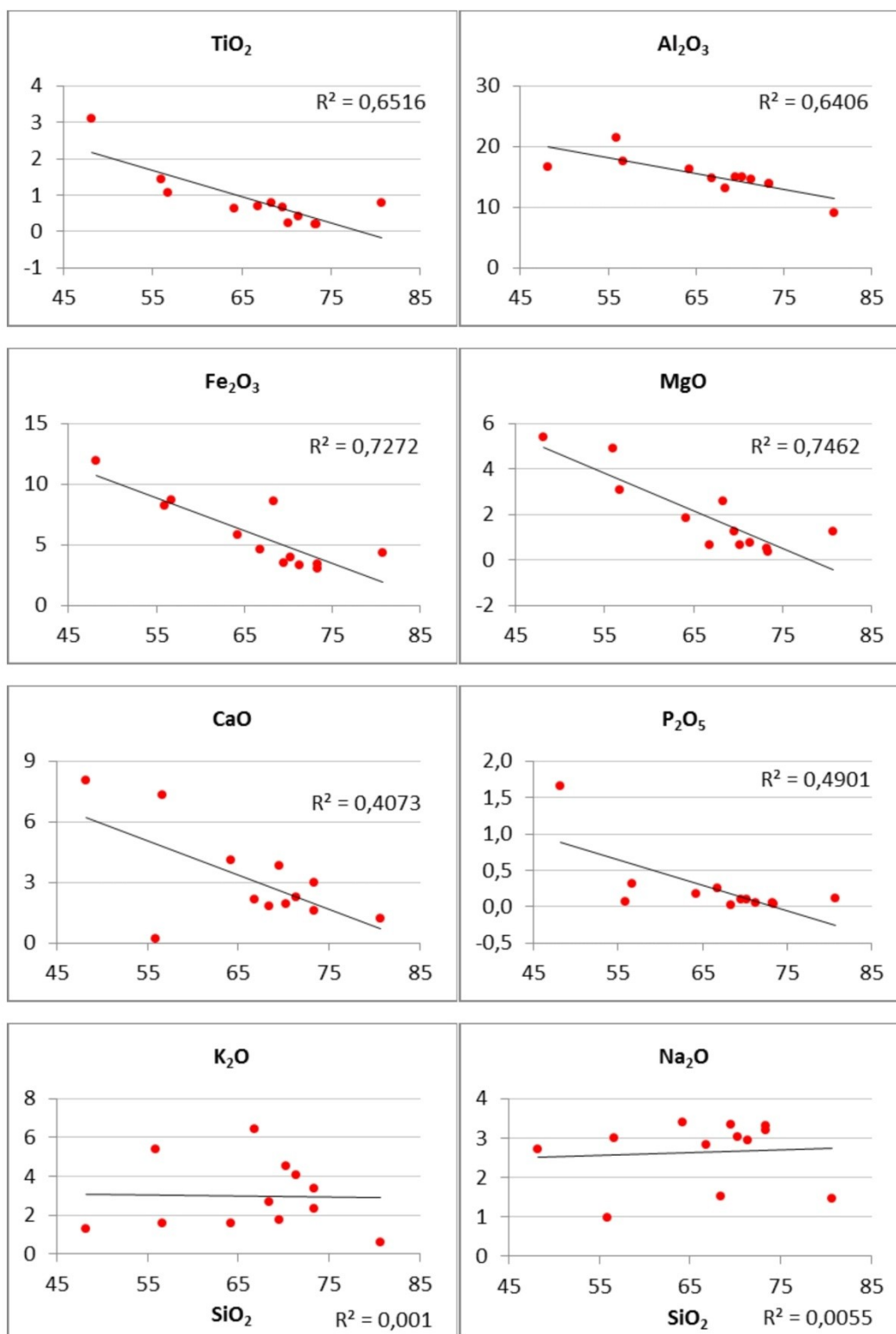


Figura 9 - Diagramas de variação de Harker para os óxidos dos elementos maiores versus sílica (% em peso).

Tabela 6 - Composição normativa CIPW em base anidra das rochas da região de Colatina/ES. Amostras de Granitóides Colatina (COL018, COL021, COL022, COL166, COL168 e COL218). COL 032 e 118 são respectivamente charnockito e gabro-norito.

	COL018B	COL021A	COL022B	COL 166	COL 168	COL 218	COL032B	COL 118
SiO ₂	70,74	73,77	71,82	57,59	65,84	74,02	67,61	49,19
TiO ₂	0,21	0,18	0,40	1,07	0,64	0,18	0,71	3,17
Al ₂ O ₃	15,04	13,99	14,61	17,77	16,74	14,03	14,94	17,02
Fe ₂ O ₃	1,19	1,02	0,99	1,31	1,33	0,91	1,04	1,83
FeO	2,51	2,14	2,09	6,71	4,12	1,91	3,23	9,31
MgO	0,67	0,50	0,75	3,12	1,87	0,34	0,64	5,50
CaO	1,93	1,62	2,27	7,44	4,18	2,99	2,19	8,23
Na ₂ O	3,04	3,33	2,95	3,04	3,48	3,22	2,86	2,76
K ₂ O	4,57	3,40	4,08	1,63	1,62	2,36	6,53	1,31
P ₂ O ₅	0,09	0,05	0,05	0,33	0,18	0,04	0,25	1,68
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
CIPW CÁLCULO DA NORMA								
Quartzo	29,14	36,01	32,14	10,69	25,67	38,34	19,39	2,02
Orthoclásio	27,02	20,10	24,10	9,60	9,58	13,94	38,60	7,72
Albita	25,74	28,19	24,97	25,70	29,42	27,22	24,16	23,33
Anortita	9,06	7,74	10,94	30,07	19,67	14,62	8,65	30,21
Diopsídio	-	-	-	4,13	-	-	0,61	0,58
Hiperstenio	4,95	4,04	4,20	15,17	10,07	3,30	5,19	23,79
Magnetita	1,73	1,48	1,44	1,91	1,93	1,32	1,51	2,65
Ilmenita	0,40	0,34	0,76	2,03	1,21	0,34	1,35	6,01
Corindon	1,76	1,99	1,33	-	2,05	0,82	0,00	-
Apatita	0,20	0,11	0,11	0,71	0,40	0,09	0,55	3,68
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

A análise dos elementos traços normalizados pelo Condrito C1 de Anders & Grevesse (1989) indica que há um leve enriquecimento nos elementos incompatíveis (figura 10). Isto se deve ao fato das rochas da região de Colatina serem mais diferenciadas. Todas as amostras apresentaram empobrecimento em P, e apenas uma apresentou significativa perda de Th em relação às demais. As amostras das rochas do Complexo Nova Venécia apresentam enriquecimento em Rb e Ba, devido ao fato de que estes elementos podem substituir o potássio (K) nos feldspatos e micas. As rochas do Granitóide Colatina também apresentam enriquecimento nos elementos incompatíveis. Porém, quanto aos elementos compatíveis apresentam significativo empobrecimento em Ta, P e Ti.

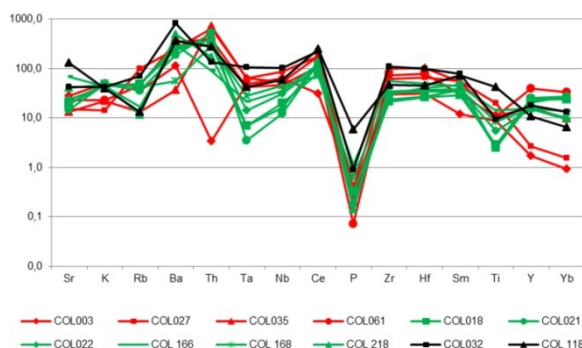


Figura 10 - Diagrama para os elementos traços. Amostras normalizadas por Condrito C1 de Anders & Grevesse (1989). Em vermelho – amostras do Complexo Nova Venécia; em verde – amostras do Granitóide Colatina; em preto – charnockito e norito.

Os elementos terras raras também foram normalizados pelo Condrito C1 de Anders & Grevesse (1989) e apresentam enriquecimento em terras raras leves (ETRL). Em geral, observa-se que ocorre anomalia negativa de Eu, exceto para uma amostra do Complexo Nova Venécia (figura 11). Esta amostra de paragnaisse (COL 003) é rica em granada, o que pode explicar a anomalia positiva. A anomalia negativa deve-se em parte a presença importante do plagioclásio nestas rochas.

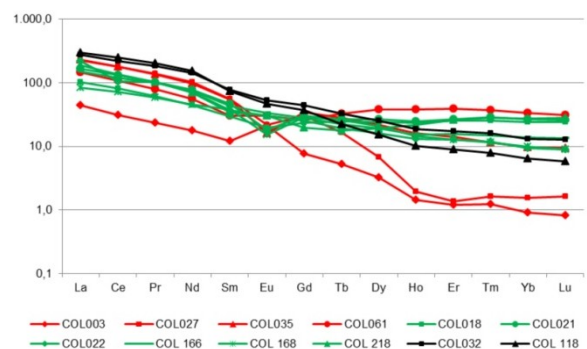


Figura 11 - Diagrama para os elementos terras raras. Amostras normalizadas por Condrito C1 de Anders & Grevesse (1989). Em vermelho – amostras do Complexo Nova Venécia; em verde – amostras do Granitóide Colatina; em preto – charnockito e norito.

Análises geoquímicas foram utilizadas também para identificação da origem das rochas e interpretação geotectônica. Dados dos elementos maiores do Complexo Nova Venécia são utilizados para índices geoquímicos, tais quais: SiO₂/Al₂O₃, que indica índice de maturidade, K₂O/Na₂O indica quantidade de minerais potássicos e plagioclásio e MgO/CaO, que indica a importância dos minerais magnesianos (veja Figura 12). Além disto, a relação

TiO₂ x (Fe₂O₃t + MgO) permite discriminar os ambientes tectônicos formadores das rochas estudadas e, através da relação SiO₂/Al₂O₃ – K₂O/Na₂O – MgO/CaO, pode se identificar a proveniência dos protólitos (Figuras 15 e 16).

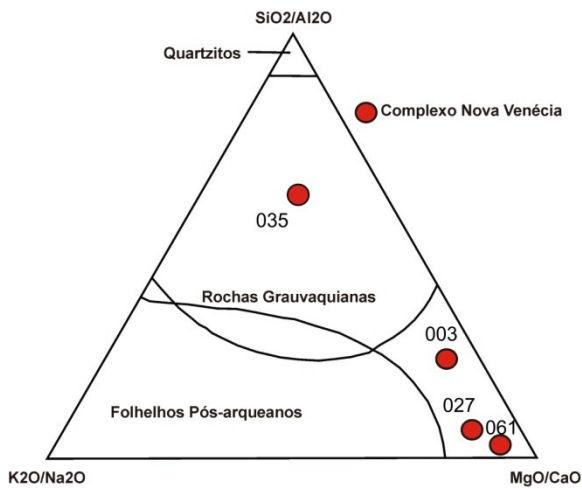


Figura 12 - Distribuição das amostras de paragneisses do Complexo Nova Venécia no diagrama discriminador de rochas grauvaquianas, quartzitos e pelitos pós-arqueanos de Pedrosa-Soares (1995).

Na Figura 12 (diagrama conforme Pedrosa Soares, 1995), as amostras dos paragneisses ficaram plotadas no campo das grauvacas e em área intermediária entre folhelhos e grauvacas. Na figura 13 (Rozen, 1992) as mesmas amostras dos paragneisses ficam plotadas nos campos dos pelitos grauvaquianos e subgrauvacas, mostrando alguma coerência nos dois diagramas. Assim, nos diagramas para classificação química de rochas sedimentares das figuras 12 e 13 verificou-se que os protólitos dos paragneisses do Complexo Nova Venécia possuem composição compatível com a de arenitos/siltitos grauvaquianos.

Nos diagramas discriminantes de ambientes geotectônicos (Figuras 14 e 15), para grauvacas, conforme Rozen (1992) – (Figura 14) e no diagrama TiO₂ x (Fe₂O₃t + MgO), discriminante para ambientes geotectônicos, conforme Bathia (1983 - Figura 15), as amostras dos paragneisses não mostram uma correlação nítida, mas pode-se relacionar os sedimentos originais (arenitos/pelitos grauvaquianos) à bacias relacionadas a arcos magmáticos.

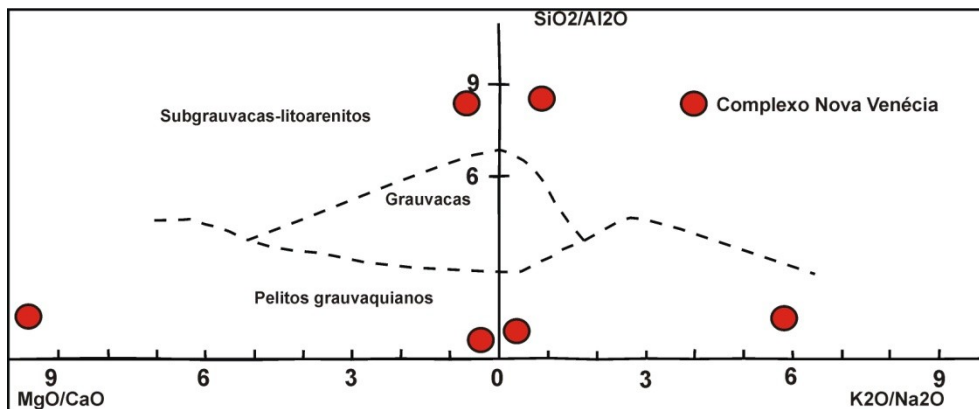


Figura 13 - Distribuição das amostras de paragneisses do Complexo Nova Venécia no diagrama SiO₂/Al₂O₃ – K₂O/Na₂O – MgO/CaO de Rozen (1992).

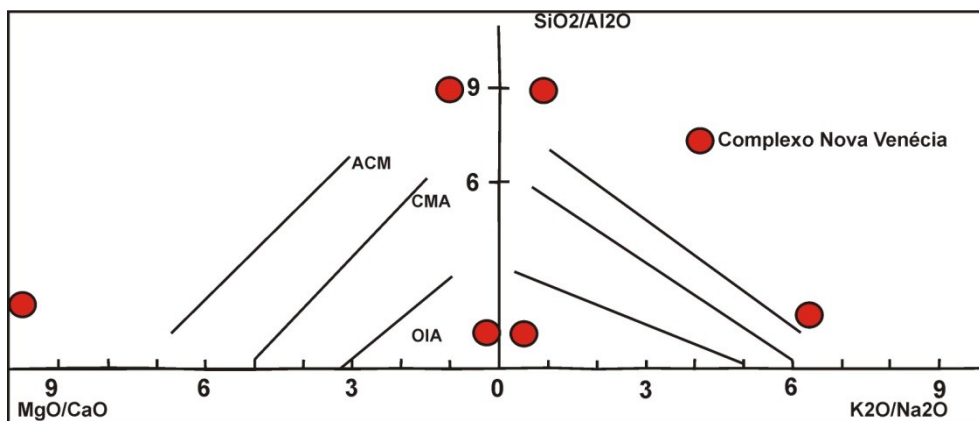


Figura 14 - Distribuição das amostras do Complexo Nova Venécia no diagrama discriminador de ambientes tectônicos para grauvacas, proposto por Rozen (1992). ACM, margem continental ativa; CMA, arco magmático continental; e OIA, arco-de-ilhas intraoceânico.

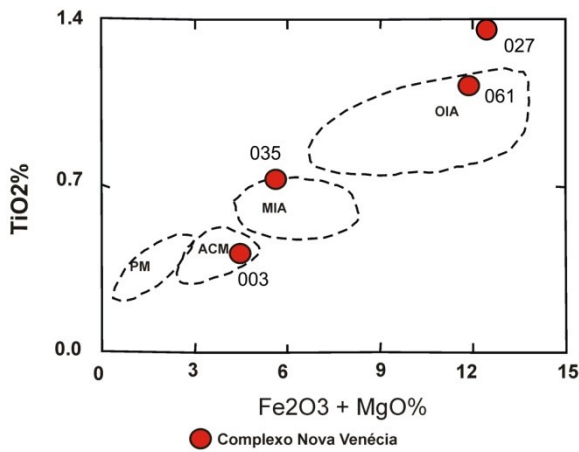


Figura 15 - Diagrama $TiO_2 \times (Fe_2O_3 + MgO)$, discriminante para ambientes geotectônicos de Bathia (1983). Os símbolos representam as amostras do Complexo Nova Venécia. As áreas tracejadas representam os campos composicionais de grauvascas de arcos de ilhas imaturos ou oceânicos (OIA), arcos de ilhas maduros (MIA), margens continentais ativas (ACM) e margens passivas (PM).

Analisando os dados geoquímicos do Granitóide Colatina e utilizando o diagrama de Cox *et al.* (1979), observa-se que as amostras indicam uma tendência ao campo do granito e do tonalito (veja Figura 16). As mesmas rochas mostram afinidade com rochas peraluminosas de Shand (conforme Chappel & White, 2001) (veja Figura 17) e mostram também afinidades com granitóides do tipo S de Front & Nurmi (1987), conforme mostrado na Figura 18. Estes diagramas geoquímicos confirmam então que o Granitóide Colatina varia de granito a tonalito, possui afinidade peraluminosa, tratando-se possivelmente de um granitóide gerado por anatexia na crosta média/superior com forte contribuição de material de origem sedimentar (tipo S).

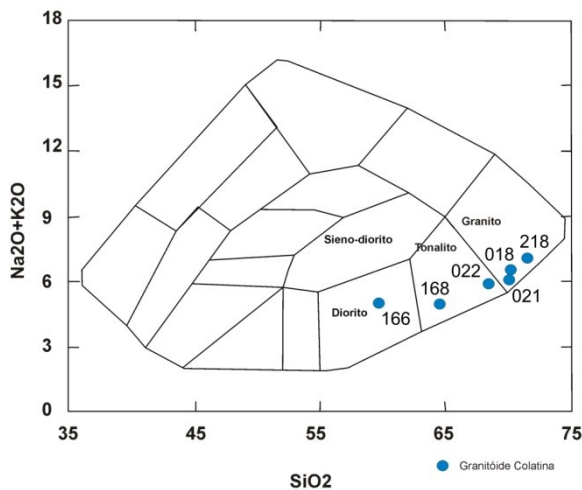


Figura 16. Classificação das amostras das suítes graníticas estudadas no diagrama TAS de Cox *et al.* (1979).

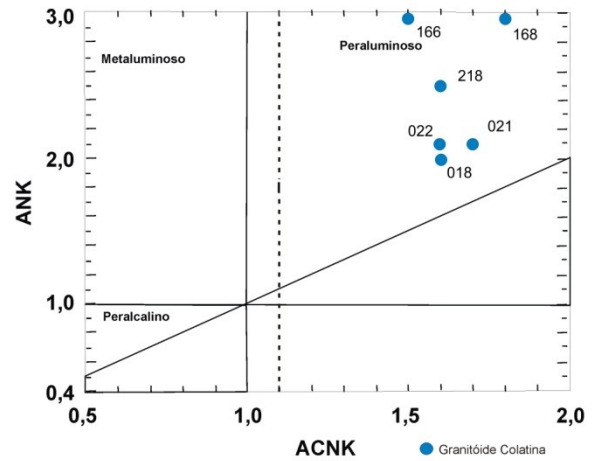


Figura 17. Índice de Shand (aluminosidade) para as rochas da área de estudo. A linha pontilhada separa os campos típicos dos granitos tipo-S ($ACNK > 1,1$) daqueles do tipo-I ($ACNK < 1,1$), conforme Chappel & White (1974, 2001). $ANK = Al_2O_3 / (Na_2O + K_2O)$. $ACNK = Al_2O_3 / (Na_2O + K_2O + CaO)$.

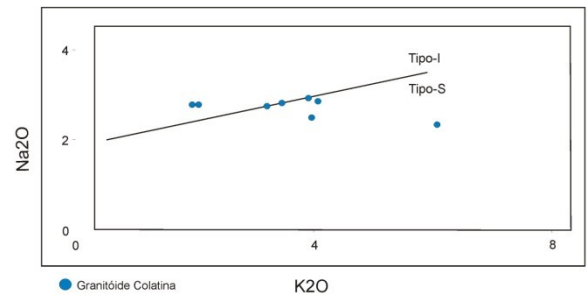


Figura 18. Diagrama Na_2O versus K_2O de Front & Nurmi (1987), aplicado às rochas da área de estudo – Granitóide Colatina.

Em diagrama multicatiônico clássico (De La Roche *et al.* 1980; Figura 19), R1 versus R2, observa-se que as amostras do Granitóide Colatina tem afinidade com o campo dos granitóides sincolisionais.

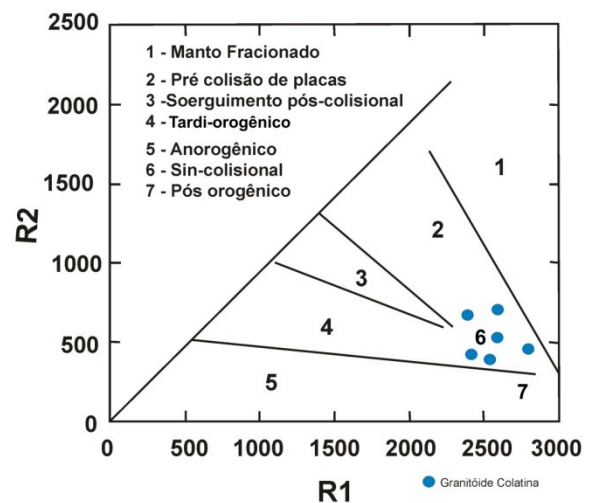


Figura 19. Diagrama multicatiônico R1 versus R2 (De La Roche *et al.* 1980).

6. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Na região de Colatina-ES foram encontradas as seguintes unidades estratigráficas relacionadas ao núcleo metamórfico-anatético do Orógeno Araçuai: Complexo Nova Venécia, Granitóide Colatina, Charnockito Itapina e Norito São Gabriel de Baunilha, além de coberturas detriticas recentes.

O Complexo Nova Venécia, é representado por paragneisses kinzigíticos e, localmente, rochas calcissilicáticas e granulito, intensamente migmatizados. As relações de campo, a mineralogia e a geoquímica indicam que essas rochas foram, originalmente, sedimentos peraluminosos do tipo arenitos grauvaquianos, argilitos ou folhelhos e margas, depositados em bacia de retroarco (Noce *et al.*, 2004, Pedrosa-Soares *et al.*, 2007). O posicionamento regional destas rochas, a leste do arco magmático cálcio-alcalino, situado no leste de Minas Gerais – região de Governador Valadares, também contribui para esta hipótese. Em toda a área dominada pelo Complexo Nova Venécia é marcante a presença de migmatização, em intensidades variáveis. Esta anatexia dá origem a mobilizados graníticos, na forma de veios e bolsões de granitóides e de leucogranitos.

O Granitóide Colatina é uma fusão anatética do tipo-S, ocorrida na fase sincolisional do Orógeno Araçuai, apresentando uma persistente foliação dúctil, que se mostra concordante com a foliação regional. A mineralogia modal indicou que as rochas do Granitóide Colatina podem ser classificadas de monzogranitos à tonalitos, com grandes variações na quantidade de feldspato potássico. Essas variações podem ser explicadas devido á origem sedimentar do paragneisse que deu origem a este granitóide. As relações de contato entre os gnaisses do Complexo Nova Venécia e o granitóide Colatina são gradativos e é comum a ocorrência de porções do Granitóide Colatina no domínio do Complexo Nova Venécia e também o contrário. As características de campo, mineralógicas, petrográficas e geoquímicas indicam que o Granitóide Colatina é representante da Supersuíte G2, descrita por Pedrosa-Soares *et al.* (2001, 2008). As relações do Granitóide Colatina com as rochas do Complexo Nova Venécia evidenciam que se trata de uma fusão autóctone, com pouco ou nenhum deslocamento crustal. As características do Granitóide Colatina mostram provável correspondência com a Suíte Ataléia, identificada nas proximidades da área mapeada por Tente *et al.* (2010).

As análises de microscopia eletrônica MEV/EDS das amostras do Granitóide Colatina indicaram que as granadas também são do tipo almandina e o plagioclásio é a labradorita. Em uma das amostras

do Granitóide Colatina, foi constatada a presença de clinopirôxênio do tipo hedenbergita, ortopiroxênio do tipo hiperstênio e plagioclásio também do tipo labradorita. A partir dos dados de microanálises semi-quantitativas EDS foi possível comparar a química mineral das amostras do Complexo Nova Venécia e do Granitóide Colatina. Os cristais de plagioclásio, feldspato potássico, granada e biotita analisados indicaram uma composição muito semelhante entre as amostras do Complexo Nova Venécia com a amostra do Granitóide Colatina. Essa compatibilidade contribui para a hipótese da origem anatética do Granito Colatina a partir do Complexo Nova Venécia.

Na região de Colatina as estruturas concentram-se, principalmente, nas rochas do Complexo Nova Venécia e do Granitóide Colatina. No Complexo Nova Venécia predominam estruturas como foliação, bandamento (paralelo à foliação), zonas de cisalhamento, dobras e estruturas migmatíticas, enquanto o Granitóide Colatina apresenta apenas foliação, fraturas e dobras regionais. A foliação presente nas rochas do Complexo Nova Venécia e no Granitóide Colatina possui orientação aproximada NNW-SSE e encontra-se dobrada, formando um conjunto de dobras sinformais e antiformais abertos. O metamorfismo das rochas do Complexo Nova Venécia é predominantemente de fácies anfibolito alto, e localmente atingiu a fácies granulito, como pode ser observado nos restitos granulíticos dos paragneisses.

7. AGRADECIMENTOS

Este artigo é uma contribuição ao Projeto de Pesquisa “*Deformação e Magmatismo Granítico em Região Orogênica Neoproterozóica: Aimorés, Minas Gerais – Colatina, Espírito Santo*” financiado pela FAPEMIG-Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Projeto 01572-09).

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkmim F.F., Pedrosa-Soares A.C., Noce C.M., Cruz S.C.P. 2007. Sobre a evolução tectônica do Orógeno Araçuai-Congo Ocidental. *Geonomos*, 15(1):25-43.
- Almeida F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 7:349-363.
- Anders E. & Grevesse N. 1989. Abundances of the elements: meteoric and solar. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53:197 – 214.
- Bathia M.R. 1983. Plate tectonics and geochemical compositions of sandstones. *The Journal of Geology*, 91:611-627.
- Bilal, E., Horn, A. H., Nalini Junior, H. A., Mello, F. M., Correia-Neves, J.M., Giret, A. R., Moutte, J., Fuzikawa, K., Fernandes, M. L. 2000. Neoproterozoic granitoid suites in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 30, 51-54.
- Campos Neto, M.C. & Figueiredo, M.C.H. 1995. The Rio Doce Orogeny, southeastern Brazil. *Journal of South America Earth Sciences*, 8: 143-162.

- Castañeda C., Pedrosa-Soares A.C., Belém J., Gradim D., Dias P.H.A., Medeiros S.R., Oliveira L. 2006. Mapa Geológico e Nota Explicativa da Folha Ecoporanga, 1:100.000. In: Folha Ecoporanga. Programa Geologia do Brasil, Contrato CPRM-UFMG, CD-ROM.
- Chappel B.W. & White A.J.R. 1974. Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, 8:173-174.
- Chappel B.W. & White A.J.R. 2001. Two contrasting granite types: 25 years later. *Australian Journal of Earth Sciences*, 48:489-499.
- Cox K.G., Bell J.D., Pankhurst R.T. 1979. The interpretation of igneous rocks. George, Allen & Unwin, London, 450 pp.
- De La Roche H., Leterrier J. Grandclaude P., Marchal M. 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagram and major-element analyses. Its relationships with current nomenclature. *Chemical Geology*, 29:183-210.
- Front K. & Nurmi P.A. 1987. Characteristic and geological setting of sinkinematic Svekokarelian granitoids in southern Finland. *Precambrian Research*, 35:207-224.
- Gradim C.T., Queiroga G.N., Roncato J.G, Novo T.A, Pedrosa-Soares A.C. 2005. Nota explicativa da Folha Mantena 1:100.000. Programa Geologia do Brasil. Contrato CPRM-UFMG, 23 p.
- Gradim C.T. 2013. Complexo Nova Venécia e magmatismo associado, Orógeno Araçuaí, Estado do Espírito Santo. Dissertação de Mestrado, UFMG-IGC, 93 p.
- Karniol T.R. 2003. Análise geométrica e cinemática da região do baixo Rio Doce, entre Aimorés (MG) e Colatina (ES). Dissertação de Mestrado, IGC-USP, São Paulo, 154 p.
- Karniol T. R. & Machado R. 2004. Análise geométrica e cinemática de um segmento na região do Baixo Rio Doce entre Aimorés (MG/ES) e Colatina (ES). *Revista Brasileira de Geociências*, 34(3):373-382.
- Munhá J.M.U., Cordani U.G., Tassinari C.C.G, Palácios T. 2005. Petrologia e termocronologia de gnaisses migmatíticos da faixa de dobramentos Araçuaí (Espírito Santo, Brasil). *Revista Brasileira de Geociências*, 35(1):123-134.
- Nalini, H. A., Bilal, E. & Correia-Neves, J.M. 2000. Syn collisional peraluminous magmatism in the Rio Doce region: mineralogy, geochemistry and isotopic data of the Urucum suite (eastern Minas Gerais State, Brazil). *Revista Brasileira de Geociências*, 30: 120-125.
- Noce C.M., Macambira M.B., Pedrosa-Soares A.C. 2000. Chronology of Neoproterozoic-Cambrian granitic magmatism in the Araçuaí belt, Eastern Brazil, based on single zircon evaporation dating. *Revista Brasileira de Geociências*, 30:25-29.
- Noce C.M., Pedrosa-Soares A.C., Piuçana D., Armstrong R., Laux J.H., Campos C.M., Medeiros S.R. 2004. Ages of sedimentation of the kinzigitic complex and of a late orogenic thermal episode in the Araçuaí orogen, Northern Espírito Santo State, Brazil: Zircon and monazite U-Pb SHRIMP and ID-TIMS data. *Revista Brasileira de Geociências*, 34:587-592.
- Parisek-Silva Y.M & Alves M.A.G. 2011. Geologia da região de Colatina, ES. Trabalho Geológico de Graduação, IGC-UFMG, 57 p.
- Pedrosa-Soares A.C. 1995. Potencial aurífero do Vale do Araçuaí, Minas Gerais: história da exploração, geologia e controle tectono-metamórfico. UnB, IG, Tese de doutorado, Brasília, 177 p.
- Pedrosa Soares A.C. & Wiedmann-Leonardos C.M. 2000. Evolution of the Araçuaí Belt and its connection to the Ribeira Belt, eastern Brazil. In: U.G. Cordani, E. Milani, A. Thomaz-Filho, D.A. Campos (Eds.) *Tectonic Evolution of South America*. 31st Intern. Geol. Congress, Rio de Janeiro, p.: 265-285.
- Pedrosa-Soares A.C., Noce C.M., Wiedmann C., Pinto C.P. 2001. The Araçuaí – West Congo orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. *Precambrian Research*, 110(1-4):307-323.
- Pedrosa-Soares A.C., Castañeda C., Queiroga G., Gradim C., Belém J., Roncato Jr J, Novo T., Dias P., Gradim D., Medeiros S., Jacobsohn T., Babinski M. & Vieira V. 2006. Magmatismo e tectônica do Orógeno Araçuaí no Extremo Leste de Minas Gerais e Norte do Espírito Santo (18° –19° S, 41° – 41°30' W). *Geonomos*, 14:97-111.
- Pedrosa-Soares A. C., Noce C. M., Alkmim F. F., Silva L. C., Babinski M., Cordani U., Castañeda C. 2007. Orógeno Araçuaí: Síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977. *Geonomos*, 15(1):1-16.
- Pedrosa-Soares A.C., Alkmim F.F., Tack L., Noce C.M., Babinski M., Silva L.C., Martins Neto M.A. 2008. Similarities and differences between the Brazilian and African counterparts of Neoproterozoic Araçuaí-West-Congo orogen. In: R. Pankhurst, R. Trouw, B.B. Brito Neves, M. de Wit (Eds.) *West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region*, Special Publications, Geol. Soc. of London, 294:153-172.
- Rittmann A. 1973. *Stable Mineral Assemblages of Igneous Rocks: A Method of Calculation*. Heidelberg: Springer Verlag. 279 pp.
- Roncato J.G. 2009. As suítes graníticas tipo-S do norte do Espírito Santo na região das folhas Ecoporanga, Mantena, Montanha e Nova Venécia. Belo Horizonte. UFMG. Dissertação de Mestrado, 102 p.
- Silva L.C., McNaughton N.J., Armstrong R., Hartmann L., Fletcher I. 2005. The Neoproterozoic Mantiqueira Province and its African conetions. *Precambrian Research*, 136:203-240.
- Silva, J.M.R, Lima, M.I.C., Veronese, V.F., Ribeiro, J.R., Rocha, R.M., Siga Jr., O, 1987. Levantamento de Recursos Naturais, Folha SE24 Rio Doce: Geologia. Projeto RadamBrasil, Rio de Janeiro, IBGE, 34, 23-172.
- Spear F.S. 1993. *Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths*. Mineralogical Society of America. Washington, D.C., 799 pp.
- Streickeisen A.L. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Review*, 12:1-33.
- Tente A.C., Melo B.M., Freitas C.V., Fonseca D.M.V, Gradim D.T, Braga F.C.S, Moreira D.S, Montandon L.F, Catone L, Drumond N.L.D.C, Galceran P.C.P, Rosário P.F, Furtado S.B. 2010. Geologia da Região de Santa Teresa / ES. Belo Horizonte. UFMG-IGC, Depto. De Geologia, Trabalho Geológico de Graduação, 122 p.
- Tuller M.P. 1993. Folha Colatina (SF 24-Y-C-VI). Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Estado do Espírito Santo. Brasília. DNPM/CPRM. 163 p.
- Vauchez A., Egydio-Silva M, Babinski M., Tommasi A., Uhlein A., Liu D. 2007. Deformation of a pervasely molten middle crust: insights from the neoproterozoic Ribeira-Araçuaí orogen (SE-Brazil). *Terra Nova*, 19:278-286.
- Wiedemann, C.M. 1993. The evolution of the Early Paleozoic, Late to postcollisional magmatic arc of the Coastal Mobile Belt in the state of Espírito Santo, eastern Brazil. *Anais Academia Brasileira de Ciências*, 65, 163-181.
- Yardley B.W.D. 2004. *Introdução à petrologia metamórfica*. Tradução de R.A. Fuck, 2^a. Ed., Brasília, Editora UnB, 432 p.p.