

ASPECTOS GEOLÓGICOS, PETROGRÁFICOS E QUÍMICOS DE INTERESSE PARA O APROVEITAMENTO ECONÔMICO DOS QUARTZITOS FOLIADOS DE SÃO THOMÉ DAS LETRAS – MINAS GERAIS

Cid CHIODI FILHO ¹, Antonio Carlos ARTUR ², Eleno de Paula RODRIGUES ³

(1) Kistemann & Chiodi Assessoria e Projetos Ltda. Rua Pernambuco, 488/602 – Funcionários. CEP 30130-150. Belo Horizonte, MG. Endereço eletrônico: cdchiodi@terra.com.br. (2) Departamento de Petrologia e Metalogenia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP – Campus de Rio Claro. Avenida 24-A, 1515, Bela Vista. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: acartur@rc.unesp.br. (3) Laboratório de Geociências, Universidade Guarulhos (UnG). Praça Tereza Cristina, 1, Centro. CEP 07023-070. Guarulhos, SP. Endereço eletrônico: elenopr@uol.com.br.

Introdução
Contexto Geológico Regional
Geologia Local
Quimismo
Elementos Químicos
Óxidos
Petrografia
Conclusões
Referências Bibliográficas

RESUMO – A região de São Thomé das Letras constitui o maior centro brasileiro de lavra de quartzitos foliados, com produção atual estimada em 250.000 t/ano. O baixo índice de recuperação decorrente das atividades de lavra destes quartzitos, estimada como inferiores a 20% do total extraído, estariam gerando cerca de 1.250.000 t/ano de rejeitos, o que tem se traduzido em grandes pilhas de *bota-fora* com evidentes desdobramentos ambientais indesejáveis. Objetivando a adequação ambiental da lavra, a Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais - FEAM iniciou, a partir do ano de 1993, trabalhos de fiscalização e orientação da atividade extrativa de quartzitos no Município de São Thomé das Letras. A partir de 1996, esses trabalhos foram ampliados através do Projeto Minas Ambiente - Mineração de Pedra São Tomé que, sob a coordenação da FEAM, promoveu estudos para disposição controlada e aproveitamento econômico de resíduos, revegetação das pilhas de *bota-fora* e técnicas menos impactantes de desmonte na lavra. Neste contexto, os estudos geológicos, petrográficos e químicos ora realizados visam contribuir com aspectos de interesse para as atividades extrativas e de aproveitamento industrial dos rejeitos da lavra e do beneficiamento dos quartzitos foliados São Tomé. Trabalhos desenvolvidos no âmbito do Projeto Minas Ambiente e, mais recentemente, pela Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações demonstraram a viabilidade técnica de utilização dos quartzitos para elaboração de tijolos prensados e autoclavados. Algumas variedades de quartzitos também estão sendo aproveitadas na produção de vidrados e esmaltes cerâmicos, inclusive com vantagens técnicas e econômicas bastante competitivas sobre matérias-primas oriundas de sedimentos aluvionares. Outros usos para os quartzitos moídos, como carga mineral, material filtrante e argamassas em geral, estão em fase de estudos pelos mineradores e deverão ser brevemente viabilizados, o que permite vislumbrar, pelo menos a médio prazo, um expressivo incremento dos usos industriais para os quartzitos São Tomé.

Palavras-chave: rocha ornamental; rocha de revestimento; quartzito laminado; recuperação de rejeito; quartzito São Tomé.

ABSTRACT – C. Chiodi Filho; A.C. Artur; E. de P. Rodrigues – *Geological, petrographical and chemical aspects of economical use of foliated quartzites from São Thomé das Letras, Minas Gerais.* São Thomé das Letras region is the biggest Brazilian center of foliated quartzites mining, with a present annual production of about 250,000 ton. The low rate mining recovery, estimated as less than 20% of total mining, is responsible for the 1,250,000 tons per year of undesirable wastes, as big piles inadequately disposed on the local environment. Looking for the best adjustment environmental mining, the Minas Gerais Environment State Foundation (FEAM), began in, since 1993, a inspection and orientation of the quartzites mining activities in São Thomé das Letras region. From 1996, this work was increased through the Minas Environment - Pedra São Tomé Mining Project, which, under the FEAM co-ordination, started studies of controlled disposal and economical exploration of wastes, vegetal planting of piles and less impacts mining techniques. In this context, geological, petrographical and chemical studies now done, lead to contribute with the mining activities, so as to the industrial use of the mining wastes and to the processing of São Tomé foliated quartzites. Some works improved by Minas Environment Project and, recently, by the Vale do Rio Verde University, from Três Corações city, demonstrated the technical viability of the use of quartzites in pressed and autoclaved bricks production. Some quartzite varieties are also been explored in glazed and enamel ceramics, with higher economical and technical advantages when compared with raw materials coming from alluvial sediments. It has been also studied other uses of grounded quartzites as mineral filling, filtrating material and general mortars which enable to foresee, at a medium time, a increasing uses of São Tomé quartzites.

Keywords: dimension stones; covering stones; foliated quartzite; waste recovery; São Tomé quartzite.

INTRODUÇÃO

A região de São Thomé das Letras (Figura 1) constitui o principal centro brasileiro de lavra de quartzitos plaqueados ou foliados, utilizados como material de ornamentação e revestimento (Chiodi Filho,

2000). A atividade de lavra desses quartzitos caracteriza-se pelo baixo índice de recuperação, estimado, de acordo com os mineradores, em apenas 20% do total extraído. Se for considerada a atual

produção de 250.000 toneladas/ano, também estimada pelos mineradores, estariam sendo geradas 1.250.000 toneladas anuais de rejeito na região de São Thomé das Letras.

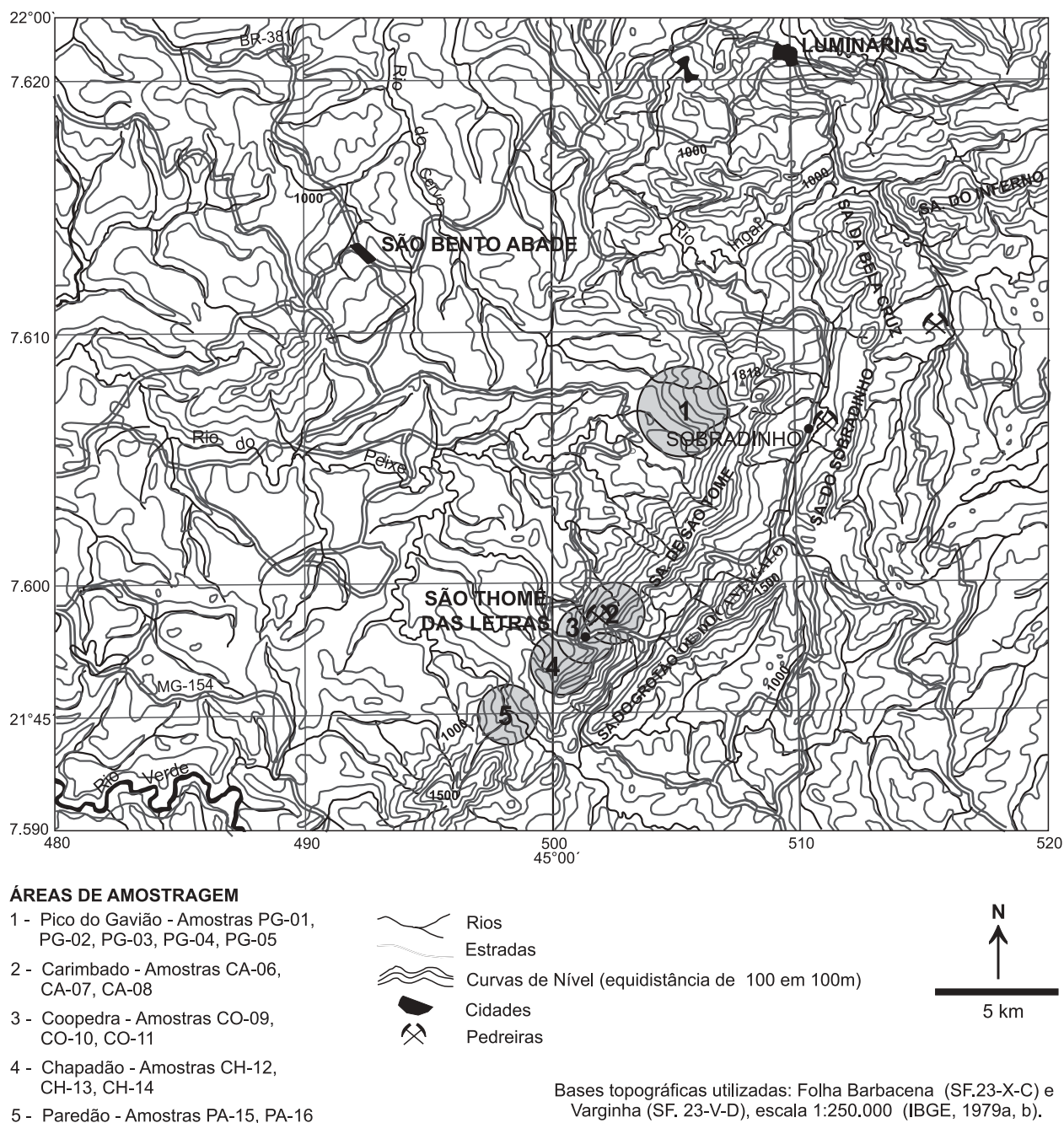


FIGURA 1. Mapa de localização das áreas de amostragem de quartzitos São Thomé para ensaios de caracterização petrográfica e química.

Objetivando a adequação ambiental da lavra, a Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM iniciou, a partir do ano de 1993, trabalhos de fiscalização e orientação da atividade extrativa de quartzitos no Município de São Thomé das Letras. A partir de 1996, esses trabalhos foram ampliados através do Projeto

Minas Ambiente – Mineração de Pedra São Thomé que, sob a coordenação da FEAM, promoveu estudos para disposição controlada e aproveitamento econômico de resíduos, vegetação das pilhas de “bota-fora” e técnicas menos impactantes de desmonte na lavra (Deschamps et al., 2002).

Como parte da fase final de atividades do Projeto Minas Ambiente, na qual se priorizou a definição de alternativas para o aproveitamento industrial de resíduos, foram coletadas 16 amostras de rochas representativas das principais frentes de lavra da Serra de São Tomé, incluindo-se as áreas denominadas Pico do Gavião, Carimbado, COOPEDRA, Chapadão e Paredão. Os trabalhos de coleta de amostras foram planejados e orientados pelo geólogo Cid Chiodi Filho, contratado pela FEAM.

A amostragem foi efetuada no período de 3 a 11 de julho de 2000, objetivando a realização de ensaios

de caracterização química, petrográfica e tecnológica de rochas e resíduos de lavra. Os ensaios de caracterização tecnológica foram executados no Instituto Oficial de Testes de Materiais da cidade de Bremen (MPA Bremen), na Alemanha, não constituindo objeto de avaliação do presente artigo.

Neste contexto, são a seguir ilustradas as questões relativas à campanha de amostragem, seus objetivos e resultados, discutindo-se antes os principais aspectos geológicos regionais e locais de interesse para as atividades extrativas e aproveitamento econômico dos quartzitos foliados de São Thomé das Letras.

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

Nas folhas Rio de Janeiro, Vitória e Iguape presentes na Carta do Brasil ao Milionésimo (Fonseca et al., 1979) dividiu-se o Pré-Cambriano de Minas Gerais em quatro intervalos: A, B, C e D. O Pré-Cambriano D é relacionado a rochas cuja idade é superior a 2.500 Ma, sendo formado por gnaisses, granodioritos e xistos verdes pertencentes ao Grupo Barbacena. O Pré-Cambriano C, juntamente com o Pré-Cambriano B, são constituídos por xistos e gnaisses do Complexo Varginha-Guaxupé, onde a idade varia de 2.500 a 1.800 Ma para o primeiro e de 1.800 a 1.000 Ma para o último. Finalmente, o Pré-Cambriano A apresenta idades inferiores a 1.000 Ma, sendo formado pelos grupos São João del Rei, Andrelândia e Lambari.

Segundo Hasui & Oliveira (1984), as unidades estratigráficas das regiões sul e sudoeste de Minas Gerais integram-se à Província Mantiqueira, sendo que os grupos Andrelândia, São João del Rei e Carrancas são de maior importância no presente trabalho.

O embasamento dos grupos Andrelândia, São João del Rei e Carrancas seria formado por biotita gnaisses tonalíticos bandados, interpretados por Ribeiro & Heilbron (1982) como sendo gnaisses migmatíticos intensamente deformados. Ainda fazem parte do embasamento, faixas de xistos verdes, anfíbolitos, xistos ultramáficos e filitos, além de granodiorito gnaisses, que constituiriam parte do Grupo Barbacena.

O Grupo Carrancas é dividido em duas unidades litoestratigráficas: as formações São Tomé das Letras e Campestre (Trouw et al., 1980). A Formação São Tomé das Letras é constituída por quartzitos com mica esverdeada, enquanto que a Formação Campestre é marcada pela alternância de quartzitos e filitos ou xistos grafitosos.

A Formação São Tomé das Letras tem como principal constituinte litológico um quartzito micáceo formado em sua essência por quartzo, mica esverdeada, turmalina preta, magnetita, ilmeno-magnetita e hematita

(Ribeiro & Heilbron, 1982). Alguns bancos de quartzito mais maciço podem ocorrer subordinadamente. A nordeste de Carrancas ocorre um quartzo metaconglomerado e ao sul de Itumirim, em níveis centimétricos, tem-se a presença de microconglomerados que ocorrem esporadicamente.

Na Formação Campestre, é marcante a alternância de quartzitos e filitos ou xistos grafitosos, desde a escala microscópica até métrica. Na base da formação, da Serra da Bocaina até Pombeiro, ocorre um nível de granada-cloritóide filito, que transforma-se em granada-estaurolita xisto por ação do metamorfismo progressivo no Pombeiro. Na Serra de Carrancas e das Bicas este xisto ocorre em forma de lentes alternadas por quartzitos e xistos próximos a base da seqüência (Ribeiro & Heilbron, 1982).

O Grupo Andrelândia é formado, na região, essencialmente por quartzitos, filitos, xistos grafitosos, localmente com biotita, muito semelhantes ao Grupo Carrancas, e biotita xistos semelhantes à mesma rocha do Grupo São João del Rei (Ribeiro & Heilbron, 1982). Feldspato de origem metassedimentar é bem distribuído por toda a seqüência, enquanto anfíbolitos e talco/tremolita-clorita xistos, estes últimos mais restritos, ocorrem intercalados aos metassedimentos.

Trouw et al. (1986), revendo suas propostas anteriores relativas ao Grupo Carrancas, propõem uma subdivisão desta unidade metassedimentar em duas fácies: a Fácies São João del Rei e a Fácies Luminárias. Estas fácies constituem o Grupo São João del Rei, em concordância com Ebert (1984). Aqueles autores dividiram a região sudoeste de Minas Gerais nos grupos São João del Rei, subdividido nas fácies acima citadas, e Andrelândia (Figura 2).

Do ponto de vista deformacional, Trouw et al. (1980) atribuíram três fases de deformação (D1, D2 e D3) aos grupos São João del Rei, Carrancas e Andrelândia. Trouw et al. (1982) detalharam estas deforma-

ções, caracterizando a fase D1 pela ocorrência de extensas falhas de empurrão, que provocam repetição imbricada de unidades metassedimentares e clivagem penetrativa S1.

A segunda fase de deformação (D2) é responsável pela geração de dobras assimétricas com vergência para sul, onde os eixos apresentam direção E-W ou SE-NW, e caimento geral W-NW. Esta fase caracteriza-se ainda por uma segunda clivagem de crenulação S2.

A terceira fase de deformação (D3) caracteriza-se por superfícies axiais íngremes de duas grandes falhas ou zonas de cisalhamento de direção NE-SW, com movimento dextral, que provocaram rotação das lineações dentro das superfícies S2 e possuem um mergulho suave para W ou SW. Esta fase limitou-se a cisalhamentos heterogêneos do tipo dúctil-rúptil, marcados pela diminuição da temperatura de metamorfismo.

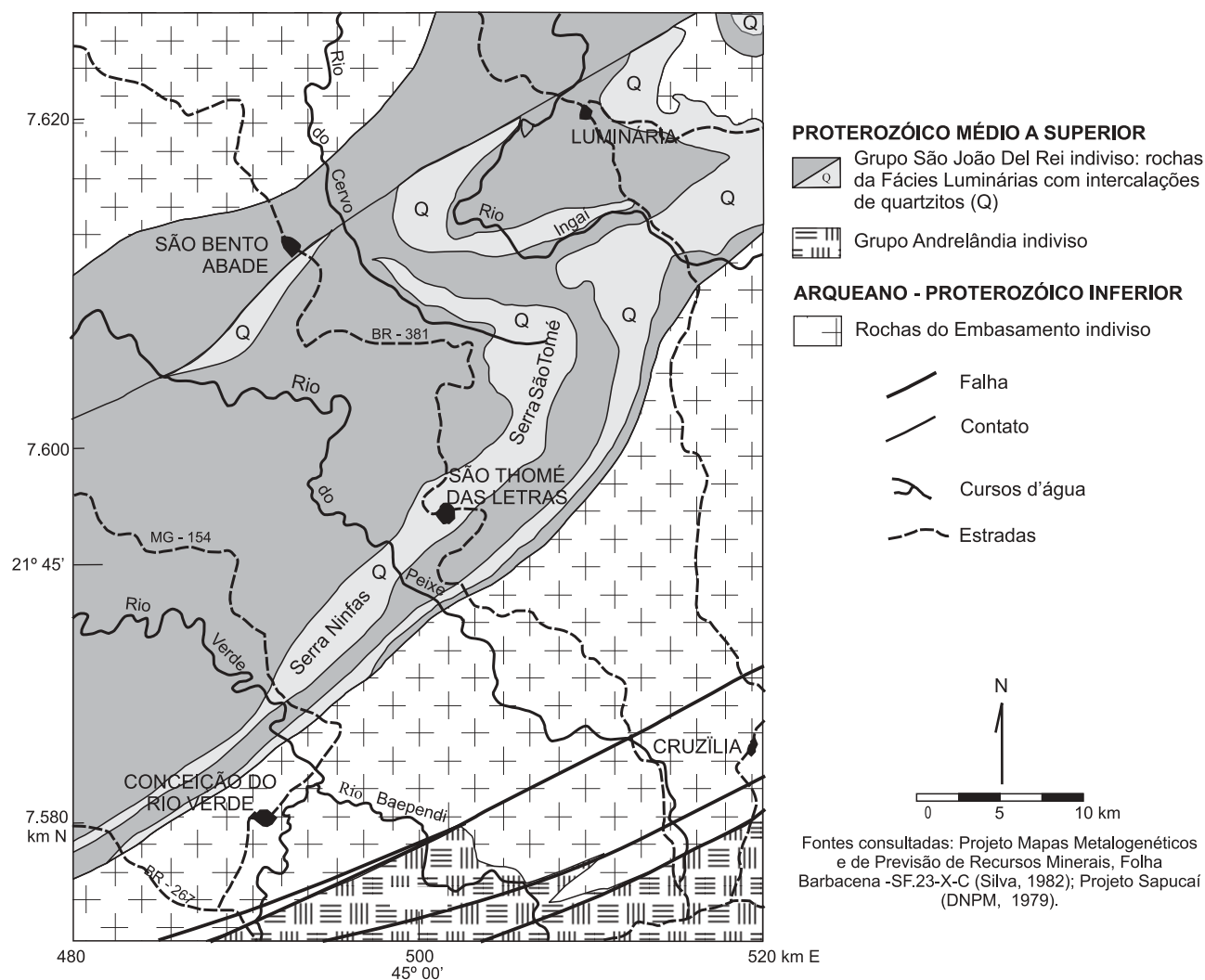


FIGURA 2. Mapa geológico esquemático da região de São Thomé das Letras, MG.

GEOLOGIA LOCAL

Souza & Santos (1999) dividiram a região de São Thomé das Letras em três unidades litoestratigráficas, denominadas A, B e C. A unidade A representaria o embasamento, e as demais unidades o Ciclo Depositional Andrelândia / São João del Rei.

A unidade B, localizada ao longo da Serra de São Thomé das Letras, onde estão posicionadas as princi-

pais lavras de quartzitos para uso como rocha ornamental e de revestimento, teria espessura de cerca de 630 m e seria formada principalmente por quartzitos micáceos, com ou sem intercalações de muscovita xistos. Os quartzitos desta unidade podem ser diferenciados pela variação na espessura das camadas, proporção de micas, granulação, grau de recristalização

e fraturamento, reconhecendo-se três tipos principais:

- Quartzitos de granulação fina a média, bastante micáceos e foliados, onde a espessura das camadas varia entre 0,5 e 10 cm;
- Quartzitos de granulação fina, pouco micáceos e bem selecionados, onde a espessura das camadas varia de 2 a 6 cm. Devido à menor quantidade de mica, a repetição e a constância na espessura das camadas que regem o padrão textural e composicional da rocha, estes quartzitos são destinados à exploração comercial como Pedra São Tomé;
- Quartzitos de granulação fina com pequenas quantidades de mica, onde a variação na espessura das camadas é brusca podendo variar de 2 a 40 cm. Este tipo é altamente fraturado e muito recristalizado; as rochas, quando muito fraturadas, são conhecidas na região como “picado” e, quando muito recristalizadas, são chamadas de “pedrão”.

A foliação e o acamamento são paralelos e possuem direção geral NE-SW com mergulhos suaves para NW, observando-se lineação mineral conspícua. Mineralogicamente, os quartzitos são constituídos por quartzo, muscovita e turmalina, os dois últimos

responsáveis pela definição da foliação da rocha. Xistos podem ocorrer intercalados aos quartzitos, apresentando coloração cinza-amarelada e com composição mineralógica definida por sericita e quartzo, associados a biotita e estauroлита em menor frequência.

A unidade C posiciona-se ao longo da Serra do Cantagalo ou Grotão, com cerca de 580 m de espessura e direção geral NE-SW. Esta unidade é constituída principalmente por muscovita xistos e quartzitos, além de gnaisses finamente bandados. Seus contatos podem ser bruscos ou concordantes com a unidade A.

QUIMISMO

Conforme já referido, a amostragem efetuada para análises químicas envolveu coleta de material em 16 pontos pré-selecionados. As amostras foram identificadas por uma sigla referente ao setor de coleta (PG – Pico do Gavião, CA – Carimbado, CO – Coopedra, CH – Chapadão, PA – Paredão), e por uma numeração sequencial (01 a 16), crescente de nordeste (Pico do Gavião) para sudoeste (Paredão) na Serra de São Thomé (Figura 1 e Tabela 1).

TABELA 1. Localização e coordenadas dos pontos de amostragem de quartzitos da região de São Thomé das Letras, MG. Elaborada por Cid Chiodi Filho para o Projeto Minas Ambiente (Deschamps et al., 2002).

Identif. Amostra	Área de Amostragem	Local da Amostragem	Coordenadas UTM		Coordenadas Geográficas	
			E	N	Lat. S	Long. W
PG-01	Pico do Gavião	Pedra São Tomé	505142	7607071	21° 38' 21"	44° 56' 58"
PG-02	Pico do Gavião	Bellas Pedras	504330	7607194	21° 38' 19"	44° 57' 32"
PG-03	Pico do Gavião	Capistrano	505317	7606325	21° 38' 30"	44° 56' 55"
PG-04	Pico do Gavião	Mineralves	506321	7606409	21° 38' 45"	44° 56' 14"
PG-05	Pico do Gavião	Mineralves	506209	7606578	21° 38' 38"	44° 56' 24"
CA-06	Carimbado	São Tomé Martins	503089	7599601	21° 43' 27"	44° 59' 17"
CA-07	Carimbado	São Tomé Martins	502087	7598432	21° 43' 03"	44° 58' 47"
CA-08	Carimbado	Sales Andrade	503048	7599570	21° 42' 29"	44° 58' 18"
CO-09	Coopedra	Frente da Tina	501465	7597929	21° 43' 22"	44° 59' 10"
CO-10	Coopedra	Frente do Ítalo	501071	7598022	21° 43' 39"	44° 59' 13"
CO-11	Coopedra	Frente do Moinho	500843	7597208	21° 43' 43"	44° 59' 30"
CH-12	Chapadão	Pelúcio	500515	7596871	21° 43' 56"	44° 59' 43"
CH-13	Chapadão	Pelúcio	500748	7596687	21° 44' 00"	44° 59' 34"
CH-14	Chapadão	Pelúcio	500818	7596436	21° 44' 08"	44° 59' 32"
PA-15	Paredão	Min. Cachoeira Pedras	498184	7594822	21° 45' 00"	45° 01' 03"
PA-16	Paredão	Min. Cachoeira Pedras	498207	7594870	21° 44' 59"	45° 01' 02"

As análises químicas (Tabela 2), sob responsabilidade do Laboratório Lakefield-Geosol em Belo Horizonte, foram efetuadas através de fluorescência de raios X e envolveram dosagem para 13 elementos químicos e 10 óxidos, incluindo-se determinação de perda ao fogo (LOI). O grupo dos

elementos químicos dosados abrangem bário (Ba), níquel (Ni), lítio (Li), cromo (Cr), cádmio (Cd), zinco (Zn), chumbo (Pb), manganês (Mn), cobre (Cu), prata (Ag), arsênio (As), cloro (Cl) e enxofre (S), com resultados expressos em partes por milhão (ppm). O grupo dos óxidos analisados incluiu SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃,

MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O e P₂O₅, e com resultados expressos em porcentagem em peso (%).

A perda ao fogo (LOI) também foi expressa em porcentagem.

TABELA 2. Análises químicas por fluorescência de raios X de quartzitos São Thomé das Letras. Locais de amostragem: PG – Pico do Gavião; CA – Carimbado; CO – Coopedra; CH – Chapadão; PA – Paredão. Óxidos em porcentagem e elementos traços em ppm. Análises realizadas pelo Laboratório Lakefield Geosol e compiladas por Cid Chiodi Filho para o Projeto Minas Ambiente (Deschamps et al., 2002).

	PG-01	PG-02	PG-03	PG-04	PG-05	CA-06	CA-07	CA-09	CO-09	CO-10	CO-11	CH-12	CH-13	CH-14	PA-15	PA-16	PG-01*
SiO ₂	95,2	97,6	98,2	95,7	97,8	97,3	97,8	96,9	96,5	98,2	96,7	97,2	95,9	97,6	96,7	96,2	95,4
TiO ₂	0,11	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,08	0,05	0,05	0,05	0,11
Al ₂ O ₃	2,1	1,2	1,3	2,1	1,1	1,4	1,1	1,6	1,5	1,3	1,5	1,5	1,9	1,2	1,4	1,4	2,1
Fe ₂ O ₃	0,85	0,15	0,12	0,38	0,09	0,24	0,10	0,31	0,38	0,23	0,18	0,14	0,41	0,29	0,23	0,33	0,80
MnO	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
MgO	0,22	<0,10	0,14	0,24	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,16	<0,10	0,16	<0,10	0,13	0,11	0,14	0,14	0,27
CaO	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Na ₂ O	0,10	0,16	<0,10	0,13	0,14	<0,10	<0,10	0,12	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,14	<0,10	0,14
K ₂ O	0,71	0,25	0,23	0,61	0,24	0,30	0,22	0,29	0,39	0,31	0,38	0,32	0,45	0,28	0,35	0,31	0,72
P ₂ O ₅	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,034	0,035	0,018	0,01	<0,01
LOI	0,47	0,38	0,43	0,56	0,37	0,40	0,48	0,38	0,55	0,24	0,48	0,48	0,69	0,47	0,42	0,37	0,58
Total	100,38	100,02	100,68	100,07	99,98	100,09	100,04	100,00	99,95	100,72	99,71	100,01	99,96	100,35	9,63	99,16	100,71
Fe t	0,59	0,10	0,08	0,26	0,06	0,17	0,07	0,21	0,26	0,16	0,12	0,09	0,28	0,20	0,16	0,23	0,56
Ba	322	181	74	201	59	78	115	56	216	221	179	408	570	185	516	725	307
Ni	11	14	14	23	14	12	9	39	92	15	12	7	4	9	9	9	9
Li	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cr	13	6	6	22	12	9	13	43	192	19	12	6	12	12	6	7	11
Cd	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Zn	9	3	4	4	3	5	5	3	5	4	5	5	8	6	7	6	7
Pb	<5	<5	9	7	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5	<5	<5	<5	5	<5
Mn	18	5	6	9	8	6	9	15	31	10	9	11	21	15	22	43	18
Cu	8	6	5	6	7	5	4	7	7	4	5	5	5	5	7	5	6
Ag	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
As	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	1	1	1	1	1	1
Cl	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
S	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50

(*) amostra duplicata. Fe t = Fe total = Fe₂O₃ x 0,6994.

A respeito dos resultados obtidos para os elementos químicos e óxidos dosados (Tabela 2), pode-se tecer os seguintes comentários:

Elementos Químicos

- Para Ag, Cd, Li, Cl e S, todos os valores situaram-se abaixo do limite inferior de detecção do método analítico. A ausência de S sugere que os minerais opacos presentes nos quartzitos, seriam óxidos e não sulfetos.
- Para As e Pb, os valores obtidos situaram-se abaixo ou muito próximos do limite inferior de detecção, referido como de 1 ppm para As e 5 ppm para Pb. O maior teor registrado de Pb, na amostra PG-03, foi de apenas 9 ppm. Para As, todos os valores registrados das amostras 01 a 10 foram menores que o limite inferior de detecção, enquanto todos os valores registrados a partir da amostra 11 foram iguais ao limite inferior de detecção (1 ppm),

avertando-se como possível um problema analítico que mereceria investigação.

- Para Cu e Zn, todos os valores ficaram abaixo de 10 ppm, tendo-se registrado na amostra PG-01 os maiores teores (8 ppm de Cu e 9 ppm de Zn).
- Os teores de Mn, como esperado em função da ausência de figuras dendríticas (“pedras ramadas”) na região amostrada, foram ligeiramente superiores ao limite inferior de detecção mas também bastante baixos, variando de 5 ppm (amostra PG-02) até 43 ppm (amostra PA-16). Os valores obtidos parecem crescer de nordeste para sudoeste, situando-se acima de 10 ppm do Carimbado para sudoeste e abaixo de 10 ppm do Carimbado para noroeste (a única exceção é a amostra PG-01, com 18 ppm).
- Os teores de Ba situaram-se por sua vez em patamares geralmente superiores a 100 ppm, atingindo 725 ppm na amostra PA-16. A exemplo

do Mn e com exceção da amostra PG-01, os teores de Ba são crescentes de nordeste para sudoeste na Serra de São Thomé, dentro do segmento estudado. Não se tendo observado barita (BaSO_4) nas análises petrográficas, supõe-se que o Ba esteja associado à estrutura cristalina de outros minerais presentes nos quartzitos. Pode-se no caso referir que a barita é mineral comum, de ampla distribuição na crosta terrestre, ocorrendo inclusive como cimento de sedimentos arenosos em ambientes marinhos.

- Os teores de Ni e Cr variaram em geral de 5 ppm a 20 ppm, com valores máximos, anômalos para a seqüência, de 192 ppm de Cr e 92 ppm de Ni na amostra CO-09. Além desta, apenas a amostra CA-08 evidenciou valores de 43 ppm de Cr e 39 ppm de Ni, pouco mais elevados que a média. Na amostra CO-09, os teores mais elevados podem estar associados à presença de clorita e sugerem remanescentes de rochas máfico-ultramáficas na seqüência metassedimentar.

Óxidos

- Os teores de sílica (SiO_2) variaram de 95% a 98%, realçando o caráter essencialmente quartzoso das amostras. Os valores mais elevados, de 98,2%, foram registrados nas amostras PG-03 e CO-10.
- O segundo óxido em importância, reflexo da presença de muscovita, é a alumina (Al_2O_3), cujos teores variaram de 1,1% a 2,1%. Os maiores valores, de 2,1%, foram obtidos nas amostras PG-01 e PG-04.
- Da mesma forma o óxido de potássio (K_2O), terceiro maior óxido das amostras, é reflexo da muscovita. Seus teores variaram de 0,22% (amostra CA-07) a 0,71% (amostra PG-01).
- Para CaO e MnO, quase todos os valores obtidos ficaram abaixo do limite inferior de detecção (0,01%) do método analítico utilizado, indicando a ausência de carbonatos e dendritos de manganês, pelo menos nas amostras analisadas.
- P_2O_5 revelou um certo zoneamento entre as amostras, pois todos os valores obtidos para o Pico do Gavião e Carimbado (amostras 01 a 08) situaram-se abaixo do limite inferior de detecção (0,01%), enquanto as amostras da Coopedra, Chapadão e Paredão indicaram teores de até 0,035% (amostra CH-14). Assim, mesmo que em valores baixos, parece crescer de nordeste para sudoeste a concentração de fósforo. Supõe-se que os teores de P_2O_5 assinalados, estejam relacionados à presença de apatita (fosfato de cálcio) no sedimento original.
- O teor mais elevado de TiO_2 , de 0,11%, foi constatado na amostra PG-01. Todos os demais valores encontrados, bem mais baixos, variaram

de apenas 0,04% a 0,08%. A presença do titânio deve estar associada tanto ao rutilo (TiO_2) quanto talvez à ilmenita (FeTiO_3).

- Os valores de Na_2O ficaram abaixo do limite inferior de detecção (0,10%) ou muito próximos dele, com teor máximo de 0,16% encontrado na amostra PG-02. Sua presença deve relacionar-se aos silicatos definidos na paragênese mineralógica dos quartzitos, sobretudo à turmalina.
- Os teores de MgO, da mesma forma, estão abaixo ou muito próximos do limite inferior de detecção (0,10%), com valor máximo de 0,24% na amostra PG-04. Sua presença também deve estar associada a silicatos, sobretudo à clorita.
- Os teores de Fe_2O_3 refletem o conteúdo total de ferro das amostras, calculado para sua forma oxidada. O valor mais elevado de Fe_2O_3 foi o da amostra PG-01, com 0,85%. Todos os demais resultados variaram entre apenas 0,09% e 0,41%, portanto em uma faixa bem inferior à da amostra PG-01. Como expressão do Fe total, os teores de Fe_2O_3 assinalados não refletem as concentrações de hidróxidos de ferro que tingem de amarelo certas amostras de quartzito. Esses teores de Fe_2O_3 devem, isto sim, refletir a presença de turmalina e minerais opacos. O conteúdo de Fe total de cada amostra foi calculado multiplicando-se por 0,6994 o valor de Fe_2O_3 fornecido pelo laboratório.
- Os valores de perda ao fogo variaram *grosso modo* ao redor de 0,4%, com maior resultado de 0,69% na amostra CH-13.

PETROGRAFIA

Análises petrográficas microscópicas revelaram constituição mineralógica relativamente simples para os quartzitos São Tomé (Tabela 3), marcada pela total dominância de quartzo (95-98%) e quantidades razoáveis de muscovita (3-5%). Os outros minerais identificados ocorrem em quantidades acessórias, destacando-se turmalina, opacos e hidróxidos de ferro, sempre com menos de 1%. Clorita, epidoto, zircão, rutilo e caulinita, descritos como raros ou raríssimos, foram identificados em algumas amostras e complementam a paragênese mineralógica das 16 amostras analisadas.

Nestes termos, observou-se a semelhança petrográfica de todas as amostras analisadas, que foram assim sempre identificadas como quartzitos micáceos de granulação média e textura granoblástica, com os cristais de quartzo freqüentemente deformados e justapostos por contatos interlobados ou localmente poligonizados.

Não foram inclusive identificadas, ao microscópio, variações mineralógicas que permitissem caracterização de zoneamentos geográfico-litológicos,

eventualmente existentes para os quartzitos, na Serra de São Thomé. Ficou apenas sugerida uma menor concentração de turmalina e caulinita no extremo sul-

sudoeste da área de amostragem (Paredão), bem como a correlação de epidoto na porção central (Coopedra e Chapadão).

TABELA 3. Composição mineralógica (% estimada) de amostras de quartzitos São Thomé. R: raro; RR: raríssimo. Análises realizadas pela Geosol – Geologia e Sondagens Ltda. e compiladas por Cid Chiodi Filho para o Projeto Minas Ambiente (Deschamps et al., 2002).

Amostras	Quartzo	Muscovita	Turmalina	Hidróxido de ferro	Opacos	Zircão	Caulinita	Rutilo	Epidoto	Clorita
PG-01	97	3	<1	R	RR	R	R	RR	-	-
PG-02	97	3	<1	-	<1	-	R	R	-	-
PG-03	96	4	<1	-	<1	R	R	R	-	-
PG-04	95	5	<1	-	R	RR	R	R	-	-
PG-05	95	5	<1	-	-	RR	<1	RR	-	-
CA-06	95	5	<1	<1	RR	RR	-	R	-	-
CA-07	97	3	<1	<1	R	RR	-	RR	-	-
CA-08	95	5	<1	R	<1	RR	-	RR	-	-
CO-09	95	5	<1	<1	R	RR	RR	R	-	R
CO-10	97	3	<1	R	R	R	RR	R	RR	-
CO-11	95	5	<1	<1	R	-	R	RR	-	-
CH-12	96	4	<1	R	-	RR	-	R	R	-
CH-13	96	4	<1	R	<1	R	-	R	-	-
CH-14	98	2	<1	R	<1	R	-	R	-	-
PA-15	95	5	R	-	-	RR	-	RR	-	-
PA-16	95	5	RR	<1	-	RR	-	RR	-	-

CONCLUSÕES

Do ponto de vista geológico, os terrenos da região enfocada, no sul do Estado de Minas Gerais, permitem uma subdivisão geral em dois conjuntos de rochas pré-cambrianas: o de embasamento e o da sua cobertura metassedimentar. O conjunto do embasamento, mais antigo, abrange seqüências litológicas designadas por diversos autores como Grupo Barbacena, Grupo Mantiqueira e Gnaisses Piedade, constituídas por rochas gnáissico-migmatíticas e granulíticas, dominantes, secundadas por remanescentes supracrustais metavulcano-sedimentares, inclusive máfico-ultramáficas, de idade arqueana. O conjunto metassedimentar de cobertura, mais jovem, abrange unidades geológicas geralmente designadas como grupos Carrancas, São João Del Rei e Andrelândia, admitindo várias subdivisões e sendo integrado sobretudo por quartzitos, micaxistos, metacalcários, metaconglomerados e paragnais finos, de idade proterozóica.

Do ponto de vista petrográfico, os quartzitos amostrados revelaram composição mineralógica relativamente simples, marcada pela total dominância de quartzo (95-98%) e quantidades razoáveis de muscovita (3-5%). Os demais minerais identificados ocorrem em quantidades acessórias, destacando-se turmalina, minerais opacos e hidróxidos de ferro, sempre com menos de 1%, além de clorita, epidoto, zircão, rutilo e caulinita, descritos como raros ou raríssimos em algu-

mas amostras. Outras referências bibliográficas indicam a presença de muscovita/sericita, turmalina preta, magnetita e ilmeno-magnetita e hematita.

Em função da quantidade de mica e do grau de intemperismo, os quartzitos podem ser mais ou menos foliados e friáveis. Os quartzitos não intemperizados têm coloração esbranquiçada ou rosada, tornando-se amarelados pela percolação de hidróxidos de ferro. Os quartzitos rosados compõem intercalações mais restritas na seqüência, devendo constituir reflexo do estado de oxidação do ferro.

Do ponto de vista químico, não se constatou a existência de contaminantes significativos, que pudessem inviabilizar o aproveitamento dos rejeitos de lavra. Os teores de sílica são sempre maiores que 95%, com máximo de 98,2%, e os de alumina variam de 1,1% a 2,1%, com K_2O posicionando-se entre 0,22% e 0,71%.

Os teores de Fe_2O_3 , mais do que reflexo de hidróxidos de ferro nas amostras, traduzem a presença de ferro em silicatos (turmalina) e provavelmente em óxidos (ilmenita, magnetita e hematita). Tais minerais poderiam sofrer processos de separação para o beneficiamento dos quartzitos, visando sua utilização industrial.

Em função dos índices relativamente baixos de recuperação na lavra, estimados em 20% do total extraído como matéria-prima para ornamentação e

revestimento (lajotas, filetes, cacos, cavacos, pedra pavê, cubetes, degraus, mosaicos, seixos, peças tamboradas), assume grande importância a perspectiva de aproveitamento industrial dos rejeitos da lavra e do beneficiamento dos quartzitos São Tomé. Na situação atual, considerando-se uma produção líquida de aproximadamente 250.000 toneladas/ano, estariam sendo geradas 1.250.000 toneladas de resíduos na região.

Tanto os trabalhos do Projeto Minas Ambiente, quanto estudos mais recentes realizados pela UNINCOR – Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações, demonstraram a viabilidade técnica de utilização dos quartzitos moídos para elaboração de tijolos prensados e de tijolos autoclavados (sical).

As variedades mais esbranquiçadas dos quartzitos São Tomé já estão sendo inclusive aproveitadas como matéria-prima na produção de fritas, utilizadas para vidrados e esmalte cerâmicos. As informações fornecidas pela empresa produtora, recentemente instalada

e já operando no município de São Thomé das Letras, apontam vantagens técnicas e econômicas do material moído de quartzitos, sobre aquele obtido a partir de sedimentos aluvionares quaternários e até agora fornecido para a indústria cerâmica paulista. Destaca-se neste caso que os moinhos de bola contínuos, instalados em São Thomé das Letras, foram revestidos com placas dos próprios quartzitos, melhorando a economicidade do projeto.

Outros usos para os quartzitos moídos, como carga mineral, material filtrante e argamassas em geral, estão sendo estudados pelos mineradores e deverão ser brevemente viabilizados. É possível vislumbrar um expressivo incremento dos usos industriais dos quartzitos São Tomé em uma perspectiva de curto a médio prazo, o que deverá tanto otimizar o seu aproveitamento econômico para ornamentação e revestimento, quanto promover uma melhor adequação ambiental da atividade produtiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHIODI FILHO, C. Adequação ambiental da lavra de quartzitos em São Thomé das Letras – MG. **Rochas de Qualidade**: ano XXIX, ed. 153, p. 133-142, 2000.
2. DESCHAMPS, E.; MAIA JÚNIOR, B.; COSTA, C.S.; SANTOS, M.G.V. dos; KELLER, W.S.; CARVALHO FILHO, C.A. de; DAMASCENO, M.A.P.; PINTO, C.L.L. **Controle Ambiental na Mineração de Quartzito – Pedra São Tomé**. Belo Horizonte : Projeto Minas Ambiente, 2002, 204 p.
3. DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. **Projeto Sapucaí, estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais; relatório final de Geologia**. Brasília: Convênio DNPM/CPRM, Série Geologia, n. 4, Seção Geologia Básica, n. 2, 1979, 299 p.
4. EBERT, H. Os Paraíbaes entre São João del Rei e Itapira e a bifurcação entre Paraíbaes e Araxáides. In: São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia / Núcleo de São Paulo, **Publicação Especial**, n. 2, p. 72-103, 1984. (*in memoriam*).
5. FONSECA, M.J.G.; SILVA, Z.C.G. de; CAMPOS, D. de A.; TOSSATO, P. (Coords.). **Carta geológica do Brasil ao milionésimo, Folhas Rio de Janeiro (SF.23), Vitória (SF.24) e Iguape (SF.23)**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1979, 240 p.
6. HASUI, Y. & OLIVEIRA, M.A.F. de. Província Mantiqueira - Setor central. In: ALMEIDA, F.F.M. & HASUI, Y. (Coords.). **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo: Ed. Edgar Blücher Ltda., 1984, p. 308-344.
7. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Barbacena. Carta do Brasil - Esc. 1:250.000. Folha SF.23-X-C**. 1ª ed. 1979. (a).
8. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Varginha. Carta do Brasil - Esc. 1:250.000. Folha SF.23-V-D**. 1ª ed. 1979. (b).
9. RIBEIRO, A. & HEILBRON, M. Estratigrafia e metamorfismo dos Grupos Carrancas e Andrelândia, sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, 1982, Salvador. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1982, v. 1, p. 177-186.
10. SILVA, S.L. da (Coord.). **Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais; Folha SF.23-X-C, Barbacena, 1:250.000**. Belo Horizonte: Departamento Nacional de Produção Mineral / Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1982, v. 1, 46 p.
11. SOUZA, G.G. & SANTOS, M.R.C. **Quartzitos de São Thomé das Letras: enquadramento geológico, caracterização tecnológica e análise ambiental**. Belo Horizonte, 1999. 129 p. Trabalho (de Graduação) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.
12. TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P. Evolução estrutural e metamórfica de uma área à SE de Lavras, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, 1980, Balneário de Camboriú. **Anais...** Balneário de Camboriú: Sociedade Brasileira de Geologia, 1980, v. 5, p. 2273-2284.
13. TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P.; CHRISPIN, S.J.; DAYAN, H. Análise de deformação numa área a SE de Lavras, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, 1982, Salvador. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1982, v. 1, p. 187-198.
14. TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P. Contribuição à geologia da Folha Barbacena – 1:250.000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, 1986, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Geologia, 1986, v. 2, p. 974-986.

