UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**GEOTERMOBAROMETRIA, GEOQUÍMICA, GEOCRONOLOGIA
E EVOLUÇÃO TECTÔNICA DAS ROCHAS DA FÁCIES XISTO
AZUL NAS ÁREAS DE JAMBALÓ (CAUCA)
E BARRAGÁN (VALLE DEL CAUCA), COLÔMBIA**

Andrés Bustamante Londoño

Orientador: Prof. Dr. Caetano Juliani

TESE DE DOUTORAMENTO

Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia

SÃO PAULO
2008

BUSTAMANTE, A., 2008. *Geotermobarometria, geoquímica, geocronologia e evolução tectônica das rochas da fácies xisto azul nas áreas de Jambaló (Cauca) e Barragán (Valle del Cauca), Colômbia*. 179 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

*“Não há assunto tão
velho que não possa
ser dito algo de novo
sobre ele”*

Fiodor Dostoievski

AGRADECIMENTOS

Não há muitas palavras que possam expressar o imenso agradecimento que eu tenho com meu professor e amigo Dr. Caetano Juliani, quem sempre se mostrou disposto a ajudar e que proporcionou uma orientação da altíssima qualidade.

Ao projeto FAPESP **2004/10203-7**: “Petrogênese, metamorfismo e evolução tectônica dos xistos azuis dos Andes na Colômbia, Equador e Chile”.

À *Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología del Banco de la República de Colombia* pelos projetos **1.819**: “*Evolución geológica de los esquistos azules y rocas asociadas del área de Jambaló, Departamento de Cauca, Colombia*” e **2.178**: “*Petrogénesis de los esquistos azules y rocas asociadas del área de Barragán, Valle del Cauca*”.

A CNPq e CAPES bolsas de doutorado.

Ao prof. Andrés Velásquez, diretor do *Observatorio Sismológico del Suroccidente (OSSO)*, Colômbia; pela imensa ajuda nos contatos com o pessoal responsável pelas autorizações necessárias para visitar a área de Toribío e Jambaló, além da excelente estada que gentilmente nos ofereceu durante algumas semanas em Cali. Ao pessoal do *Observatorio Sismológico del Suroccidente (OSSO)*, especialmente a Cristina Rosales e o Jorge Eduardo Mendoza.

Ao Senhor Guillermo Santamaria, peça fundamental nos contatos com o pessoal da *U.M.A.T.A* de Toribío.

Na cidade de Toribío, foi indispensável o atendimento e o acompanhamento nos trabalhos de campo, por isso o Senhor Diretor da *U.M.A.T.A* de Toribío, Efigenio Hernández merece meus mais sinceros agradecimentos. Além dele, os “*animadores ambientales*” e o pessoal da *U.M.A.T.A* de Toribío: Albeiro, Alejandra, Antonio, Astrid, Bernardo, Bertulfo, Dora, Efraín, Ferney, Jacqueline, Juan Pablo, Leyner e Lizardo; assim como a todo o pessoal dos diferentes *Cabildos* e os *Alguaciles* e Guardas Indígenas que estiveram sempre dispostos a colaborar para o tranqüilo transcorrer do trabalho de campo.

Igualmente, merecem meus agradecimentos os Senhores Governadores, em março de 2005, dos *Resguardos* de **Tacueyó**: Oscar Wilde Cuchillo; **Toribío**: Plinio Trochez Ascue; **San Francisco**: Milciades Musicue e **Jambaló**: Andrés Betancurt. Também gostaria agradecer aos Senhores Coordenadores do *Proyecto Nasa*, Nelson Lemus e do *Plan Ambiental Agropecuario*, Jaime Díaz. Em Jambaló, agradeço ao Senhor Diretor da *U.M.A.T.A*, Edgar Ramos e a Senhora Coordenadora do *Plan Agro-Ambiental*, Maria Eugenia Ulcue, assim como a prefeitura do referido município.

Ao geólogo Carlos Mario Echeverri Misas pela ajuda no trabalho de campo na região de Toribío e Jambaló.

Para os trabalhos de campo na região de Barragán, contei com a ajuda do Senhor Edinson Ramírez Orozco, e a Senhora Maria Antonieta “*La Chilindrina*” a quem expressei igualmente meus mais sinceros agradecimentos. Também contei com a ajuda da *Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC)*.

A minha amiga e colega de aventuras nos terrenos de xistos azuis, Thaís Hyppolito.

A Profa. Dra. Marion B.I. Weber Scharff da *Universidad Nacional de Colombia, Medellín*, pelos impecáveis e apropriados aportes em diferentes tópicos, principalmente relacionados à química mineral e metamorfismo.

Ao Prof. Dr. Eric J. Essene pela continua ajuda durante o desenvolvimento deste trabalho e pela ajuda na microsonda eletrônica da *University of Michigan*. Igualmente ao técnico Carl Henderson do *Electron Microbeam Analysis Laboratory (EMAL)* da *University of Michigan*, nos Estados Unidos.

Ao Prof. Dr. Martin Reich da *Universidad de Chile*, pela ajuda durante o período de permanência na cidade de *Ann Arbor* nos EUA.

Ao geólogo Pablo Castro, que perdeu dez dias de seu tempo comigo, procurando por um corpo de xistos azuis que **não** existe na região de Pijao, Quindio (Colômbia).

No departamento de Geologia da *Universidad Eafit*, agradeço o apoio das professoras Dra. Gloria Toro Villegas e MSc. Gloria Sierra Lopera e o diretor do departamento e professor MSc. Geovanny Bedoya Sanmiguel. Também os funcionários dos laboratórios de geologia Maria Isabel Acevedo e Wilton Echavarria. Com todos eles fico muito grato pela disposição de ajuda na hora de realizar o trabalho de campo e no tratamento das amostras.

Aos Professores Doutores do Instituto de Geociências Johann Hans Daniel Schorscher, Silvio Roberto Farias Vlach, Gergely Andrés Julio Szabó, Fábio Ramos Dias de Andrade, Claudio Riccomini e Romalino dos Santos Fragozo César pela amizade e a ajuda constante no transcurso da pesquisa.

Aos funcionários do Instituto de Geociências, Ana Paula Cabanal, Magali Poli Fernandes Rizzo, Marcos Monsueto, Tadeu Caggiano, Henrique Martins e Angelica Dolores de Mello Morente.

Aos profissionais do Laboratório de Laminação do Instituto de Geociências, Cláudio Hopp, Luiz Mogueira, Paulo Molinaro e Paulo Morgato, devido à rapidez e ao trabalho de alta qualidade utilizado em todas as fases desta pesquisa.

Ao pessoal das tertúlias e colóquios, às vezes proscritos, Lucas Warren, Fernanda Quaglio, Marcelo Januario (geólogo da Bale), Marlei Chamani, Carlos Henrique Grohmann, Samar dos Santos Steiner, Letícia Constantino, Luis Fernando Roldan e todos aqueles que nos acodem para dispersar suas mentes da continua e inabalável perscruta geológica no *restaurant français “Franboix”*.

Ao Paul Duhart, amigo de varias aventuras e pela disposição em ajudar no geológico e no cotidiano.

Aos colegas Agustín Cardona, Marta Edith Velásquez e Alejandro Salazar e a minha amiga Arianna.

Ao colega Marcello Dias Fernandes.

Ao filósofo Vladimir de Oliva Mota sua esposa, a lingüista Christine Arndt e toda sua família, por serem os guias e anfitriões na linda cidade de Aracaju durante o XLIII Congresso Brasileiro de Geologia.

A minha esposa, Paula, por todo e por me agüentar e esperar por tanto tempo meus extensos trabalhos de campo e até a mudança de *cosmovisión* logo depois de visitar a região de Toribío e Jambaló, além da grande ajuda na parte gráfica da elaboração desta tese.

Tenho imensa gratidão com todas as pessoas que fazem da vida no Instituto de Geociências e no dia a dia uma boa razão para continuar compartilhando o devenir.

RESUMO

Apesar da importância das rochas da fácies xisto azul para o entendimento da dinâmica das zonas de subducção no passado, pouquíssimos estudos de mapeamento, geoquímica, geotermobarometria, geocronologia e de evolução tectônica têm sido feitos em rochas desse tipo na Colômbia.

Na Cordilheira Central dos Andes colombianos ocorrem duas unidades rochas de alta razão P/T, uma delas na região de Jambaló (Departamento de Cauca) e outra na região de Barragán (Departamento de Valle de Cauca).

Na região de Jambaló destaca-se a presença de lentes de xistos azuis em uma área constituída predominantemente por rochas da fácies xisto verde. Estas rochas representam núcleos preservados dos processos retrometamórficos que afetam as rochas de alta pressão durante a exumação. Os dados de geoquímica obtidos no conjunto de rochas de Jambaló indicam uma evolução dos protolitos a partir de rochas básicas e intermediárias de arcos de ilhas e de MORB. Usando o software TWQ 1.02, foram obtidos dados P e T que mostram uma forte descompressão acompanhada por quedas relativamente pequenas na temperatura para o as rochas da fácies xisto azul. A pressão tem uma variação entre ~14 e 7 kbar com uma diminuição da temperatura entre ~400 e 300 °C. Para as rochas da fácies xisto verde observa-se uma descompressão (8,2 – 6,6 kbar) seguida de um leve aquecimento (463 – 500 °C), possivelmente devido à sua colocação junto a lascas tectônicas aquecidas em zonas de cavalgamentos. O conjunto dos dados $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ mostram que o metamorfismo da fácies xisto azul de Jambaló têm idade predominante próxima de 63 Ma, com indicações de possíveis idades até mais antigas que 71 Ma, apesar do melhor intervalo situar-se entre 66 e 61 Ma (Maastrichtiano–Daniano). Isso posiciona a exumação dos xistos azuis de Jambaló no final do Cretáceo até o início do Terciário, pois considerando que foram datadas as principalmente paragonita e, subordinadamente fengita, associadas à foliação milonítica nas rochas da fácies xisto azul, a idade mínima do metamorfismo seria um pouco mais antiga e as idades obtidas representariam o evento de exumação, que tem relação direta com a geração de foliação milonítica.

Na região de Barragán é constituída por predominantemente xistos azuis e possíveis retro-eclogitos e a geoquímica caracteriza os protolitos das rochas da fácies xisto azul e anfibolito como formados em N-MORB. Os dados de geotermobarometria obtidos para o conjunto de rochas de Barragán indicam que as amostras pertencentes à fácies anfibolito sofreram uma forte descompressão (~15 – 9,2 kbar) seguida de um leve aumento na temperatura (639 – 665 °C) o que sugere que estas rochas tenham alcançado a fácies eclogito. As rochas da fácies xisto azul por sua parte, mostram uma leve queda na pressão (9,5 – 9,3 kbar) e uma leve queda na temperatura (399 – 397 °C), associada à transição das fácies xisto azul para xisto verde. A idade $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ obtida em um metapelito associado com os xistos azuis, apresentou uma idade de ~120 Ma, o que sugere que o metamorfismo na fácies xisto azul seja mais antigo (125 – 150 Ma) dependendo do modelo de geração e exumação que seja considerado.

Todo o conjunto de dados sugere duas coisas principais, a primeira que não há relação entre os xistos azuis e rochas associadas da região de Barragán e as de Jambaló e a segundo que pode ser considerado um modelo evolutivo de xistos azuis Andino, diferente aos modelos Franciscano e Alpino.

ABSTRACT

Despite the importance of the blueschist facies rocks to unravel the dynamic of subduction zones in the past, few detailed studies including mapping, geochemistry, geothermobarometry, geochronology and tectonic evolution has been made in rock with these characteristics in Colombia.

In Central Cordillera of the Colombian Andes are found two geologic units with rocks of high P/T ratio, one of them in Jambaló area (Cauca department,) and other in Barragán area (Valle de Cauca Department).

In Jambaló area crops out several lenses of blueschists in an area that consists predominantly of greenschist facies rocks. These rocks represent preserved cores of retrometamorphic processes that affect the rocks of high pressure during exhumation. Geochemical data obtained in Jambaló rocks, indicate a trend of protoliths varying from basic to intermediate rocks in a possible islands arc and MORB settings. Using software TWQ 1.02, were obtained data of P and T that show a strong decompression with relatively small decrease in temperature for the blueschist facies rocks. The pressure ranges between ~ 14 and 7 kbar with a decrease in temperature between 400 and ~ 300°C. For greenschist facies rocks of Jambaló the decompression (8.2 – 6.6 kbar) was followed by a slight temperature increasing (463–500°C), possibly due to the juxtaposition with hot tectonic slabs in thrusting zones. The $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ data shows that the blueschist facies rocks from Jambaló rocks have predominant metamorphism age close to 63 Ma, but are also indications of possible ages older than 71 Ma, despite the best interval is estimated between 66 and 61 Ma (Maastrichtian–Danian), corresponding to exhumation processes of blueschist facies rocks, because the dated micas (paragonite and phengite) was crystallized during the development of the mylonitic foliation.

In Barragán area, the geochemical data indicate that the protoliths of blueschist and amphibolite facies rocks correspond to N-MORB. Geothermobarometrical data indicate that the samples of amphibolites facies were affected by strong decompression (~ 15 to 9.2 kbar), followed by a slight increase in temperature (639 – 665 °C), which suggests that these rocks have reached eclogite facies. The blueschist facies rocks on its region, showed a slight pressure (9.5–9.3 kbar) and a slight temperature drops (399–397 °C), associated with the transition from blueschist to greenschist facies rocks. Geochronology by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ method, obtained in a metapelite rock associated to the blueschist facies rocks, gives an age of ~ 120 Ma, which suggests that the metamorphism in blueschist facies is older (125–150 Ma) depending on the model of generation and exhumation considered.

The entire set of data suggests two important keys, the first that there are no relationship between blueschist and associated rocks from Barragán and Jambaló areas, and second that would be considered a model of Andean blueschist generation different to Franciscan and Alpine models.

ÍNDICE

	INTRODUÇÃO	1
1	LOCALIZAÇÃO E ACESSOS ÀS ÁREAS DE ESTUDO	3
2	OBJETIVOS	4
3	MATERIAIS E MÉTODOS	5
3.1	Levantamentos bibliográficos	5
3.2	Levantamentos de campo e amostragem	5
3.3	Petrografia	6
3.4	Química mineral	7
3.5	Geotermobarometria	7
3.6	Geoquímica de rochas	8
3.7	Geocronologia Ar–Ar e K–Ar	9
4	SÍNTESE BIBLIOGRÁFICA FUNDAMENTAL	11
4.1	Metamorfismo e Litotipos da Fácies Xisto Azul	11
4.2	Contexto Geológico e Tectônico da Cordilheira Central dos Andes Colombianos	13
4.3	Metamorfismo na Cordilheira Central dos Andes Colombianos	14
4.4	Geologia das Áreas de Estudo	19
5	DESCRIÇÃO DOS PERFIS DA REGIÃO DE JAMBALÓ	22
5.1	Resguardo de Tacueyó	22
5.1.1	<i>Balastrea La Luz</i>	22
5.1.2	<i>Córrego San Diego ou El Barrial</i>	22
5.1.3	<i>Mina La Manuela setor La Calera</i>	23
5.2	Resguardo de Toribío	23
5.2.1	<i>Córrego Vichiquí</i>	24
5.3	Resguardo de San Francisco	24
5.3.1	<i>Córrego Elasio</i>	24
5.3.2	<i>Córrego Río Chiquito</i>	24
5.3.3	<i>Córrego Flayó</i>	24
5.3.4	<i>Córrego La Primicia</i>	25
5.3.5	<i>Córrego Quinamayó</i>	25
5.4	Resguardo de Jambaló	25
5.4.1	<i>Córrego El Asio</i>	26
5.4.2	<i>Córrego Muñoz</i>	26
5.4.3	<i>Córrego Cansa Bobos</i>	26
5.4.4	<i>Córrego Calambaz</i>	27
5.4.5	<i>Estrada Jambaló – San Francisco</i>	27
6	PETROGRAFIA MICROSCÓPICA	28
6.1	Mica-glaucofânio xistos e glaucofânio micaxistos	28
6.2	Clorita-plagioclásio xistos	34
6.3	Mármore	39
6.4	Quartzitos milonitizados	41
6.5	Epidositos	44
6.6	Estilpnomelano-muscovita-albita-anfibólio-quartzo xisto	46
6.7	Keratófiros	49
6.8	Metaultramáficas	51
6.9	Quartzo-monzonito	51
7	DESCRIÇÃO DOS PERFIS DA REGIÃO DE BARRAGÁN	55
7.1	<i>Estrada Barragán – Santa Lucía</i>	55
7.2	<i>Estrada Barragán – Tuluá</i>	55
7.3	<i>Estrada Barragán – Cumbarco</i>	56
8	PETROGRAFIA MICROSCÓPICA	57
8.1	Rochas na fácies xisto azul	57
8.2	Rochas na fácies anfibolito	62
8.3	Serpentinitos	68

8.4	Grafita-clorita-muscovita-quartzo xistos	69
8.5	Protocataclasitos	71
8.6	Grafita-clorita-andaluzita-andesina-granada-muscovita xisto com titanita	71
9	QUÍMICA MINERAL DA REGIÃO DE JAMBALÓ	76
9.1	Rochas da fácies xisto azul	76
9.1.1	<i>Anfibólio sódico</i>	76
9.1.2	<i>Granada</i>	81
9.1.3	<i>Mica branca</i>	83
9.1.4	<i>Clorita</i>	86
9.1.5	<i>Minerais do grupo do epidoto</i>	88
9.1.6	<i>Plagioclásio</i>	89
9.1.7	<i>Carbonato</i>	89
9.1.8	<i>Titanita</i>	90
9.2	Rochas da fácies xisto verde	90
9.2.1	<i>Anfibólio</i>	90
9.2.2	<i>Granada</i>	92
9.2.3	<i>Clorita</i>	93
9.2.4	<i>Mica branca</i>	93
9.2.5	<i>Plagioclásio</i>	95
9.2.6	<i>Rutilo e titanita</i>	95
9.2.7	<i>Epidoto</i>	96
9.2.8	<i>Estilpnomelano</i>	96
10	QUÍMICA MINERAL DA REGIÃO DE BARRAGÁN	97
10.1	Rochas da Fácies Xisto Azul	97
10.1.1	<i>Anfibólio sódico</i>	97
10.1.2	<i>Pumpellyita</i>	100
10.1.3	<i>Clorita</i>	101
10.1.4	<i>Lawsonita</i>	102
10.1.5	<i>Titanita e rutilo</i>	102
10.1.6	<i>Carbonato</i>	102
10.1.7	<i>Minerais do grupo do epidoto</i>	102
10.1.8	<i>Mica Branca</i>	102
10.1.9	<i>Plagioclásio</i>	103
10.2	Rochas da fácies anfibolito	104
10.2.1	<i>Anfibólio</i>	104
10.2.2	<i>Granada</i>	107
10.2.3	<i>Plagioclásio</i>	111
10.2.4	<i>Minerais do grupo do epidoto</i>	111
10.2.5	<i>Clorita</i>	112
10.2.6	<i>Titanita e rutilo</i>	112
11	GEOTERMOBAROMETRIA: Conceitos, calibrações e aplicações	113
11.1	Geotermobarômetros internamente consistentes	115
11.2	Cálculos da região de Jambaló	116
11.3	Cálculos da região de Barragán	123
12	GEOQUÍMICA DA REGIÃO DE JAMBALÓ	131
13	GEOQUÍMICA DA REGIÃO DE BARRAGÁN	144
14	GEOCRONOLOGIA ⁴⁰AR/³⁹AR DA REGIÃO DE JAMBALÓ	154
15	GEOCRONOLOGIA ⁴⁰AR/³⁹AR DA REGIÃO DE BARRAGÁN	160
16	DISCUSSÃO E CONCLUSÕES DO METAMORFISMO DAS ÁREAS DE ESTUDO	162
16.1	Jambaló	162
16.2	Barragán	167
	Referências bibliográficas	170
	FIGURAS	
1.1	Localização e vias de acesso na área de Barragán.	3

1.2	Localização e vias de acesso na área de Jambaló.	4
4.1	Distribuição das áreas com rochas metamórficas na Colômbia.	15
4.2	Divisão da Cordilheira Central dos Andes colombianos em unidades litodêmicas.	17
4.3	Localização das áreas de estudo na Colômbia no contexto regional e local.	20
9.1	Diagramas de classificação dos anfibólios da amostra 118.	76
9.2	Diagramas de classificação dos anfibólios da amostra 123A.	77
9.3	Diagramas de classificação dos anfibólios da amostra 124.	78
9.4	Diagramas de classificação dos anfibólios da amostra 124J.	79
9.5	Diagramas de classificação dos anfibólios da amostra 125M.	80
9.6	Diagramas de classificação dos anfibólios da amostra 124A.	80
9.7	Padrão de zonamento dos principais cátions dos grãos de granada analisados na amostra 118.	81
9.8	Padrão de zonamento dos principais cátions dos grãos de granada analisados na amostra 124J.	82
9.9	Padrão de zonamento dos principais cátions dos grãos de granada analisados na amostra 121B.	83
9.10	Diagrama $[(Fe_t + Mn + Ti) - Al^{VI}]$ iiiú (Mg – Li) de classificação das micas da amostra 118.	84
9.11	Diagrama $[(Fe_t + Mn + Ti) - Al^{VI}]$ iiiú (Mg – Li) de classificação das micas da amostra 123A.	84
9.12	Diagrama $[(Fe_t + Mn + Ti) - Al^{VI}]$ iiiú (Mg – Li) de classificação das micas da amostra 124J.	85
9.13	Diagramas de classificação da clorita de rochas da fácies xisto azul região de Jambaló.	86
9.13	(continuação).	87
9.14	Classificação da clorita das amostras 124I e 125H.	87
9.15	Diagramas de classificação da clorita das amostras 124H e 129A.	88
9.16	Diagramas de classificação do plagioclásio das rochas na fácies xisto azul da região de Jambaló.	89
9.17	Diagramas de classificação dos anfibólios da amostra 107.	90
9.18	Diagramas de classificação dos anfibólios da amostra 125A.	91
9.19	Diagramas representativos das substituições tschermakítica, edenítica, ferro-pargasítica e magnésio-pargasítica dos anfibólios analisados nas rochas da fácies xisto verde da região de Jambaló.	91
9.19	(continuação).	92
9.20	Padrão de zonamento dos principais cátions dos grãos de granada da amostra 113F.	92
9.21	Diagramas de classificação da clorita das amostras da fácies xisto verde da região de Jambaló.	93
9.22	Diagrama $[(Fe_t + Mn + Ti) - Al^{VI}]$ iiiú (Mg – Li) de classificação das micas da amostra 107.	94
9.23	Diagrama $[(Fe_t + Mn + Ti) - Al^{VI}]$ iiiú (Mg – Li) de classificação das micas da amostra 107C.	94
9.24	Diagrama $[(Fe_t + Mn + Ti) - Al^{VI}]$ iiiú (Mg – Li) de classificação das micas da amostra 113F.	95
9.25	Diagrama de classificação do plagioclásio da amostra 113F.	95
10.1	Diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 196.	97
10.2	Diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 196D.	98
10.3	Diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 197.	99
10.4	Diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 199.	99
10.5	Diagramas composicionais da pumpellyita de rochas da fácies xisto azul da área de Barragán.	100
10.5	(continuação).	101
10.6	Diagramas de classificação da clorita das amostras da facies xisto azul da região de Barragán.	101
10.7	Diagrama $[(Fe_t + Mn + Ti) - Al^{VI}]$ iiiú (Mg – Li) de classificação das micas da amostra 196D.	103
10.8	Classificação do plagioclásio em termos de Or–Ab–Na da amostra 199.	103
10.9	Diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 187A.	104
10.10	Diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 187B.	104
10.11	Diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 188.	105
10.12	Diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 189.	105
10.13	Diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 189A.	106
10.14	Diagramas representativos das substituições tschermakítica, edenítica, ferro-pargasítica e magnésio-pargasítica dos anfibólios analisados nas rochas da fácies anfibolito da região de Barragán.	107
10.15	Padrão de zonamento dos principais cátions da granada analisada na amostra 187A.	108
10.16	Padrão de zonamento dos principais cátions da granada analisada na amostra 187B.	108
10.17	Padrão de zonamento dos principais cátions da granada analisada na amostra 188.	109
10.18	Padrão de zonamento dos principais cátions da granada analisada na amostra 189.	110

10.19	<i>Padrão de zonamento dos principais cátions da granada analisada na amostra 189A.</i>	110
10.20	<i>Diagrama de classificação do plagioclásio das rochas fácies anfibolito.</i>	111
10.21	<i>Classificação da clorita das rochas da fácies anfibolito da região de Barragán.</i>	112
11.1	<i>Diagramas esquemáticos P-T mostrando equilíbrios com inclinações P-T representativas de reações utilizáveis como geotermômetros e geobarômetros.</i>	114
11.2	<i>Diagramas P-T obtidos para a amostra 124I, com análises de núcleos e bordas da associação granada-paragonita-plagioclásio-glaucofânio-quartzo.</i>	117
11.3	<i>Diagrama P-T obtido para a amostra 124J, com análises de núcleos da associação granada-paragonita-plagioclásio-glaucofânio-quartzo.</i>	118
11.4	<i>Diagramas P-T obtidos para a amostra 124J, com análises de núcleos e bordas da associação granada-paragonita-plagioclásio-glaucofânio-quartzo.</i>	118
11.5	<i>Diagramas P-T obtidos para a amostra 125H, com análises de núcleos e bordas da associação granada-paragonita-plagioclásio-glaucofânio-quartzo.</i>	119
11.6	<i>Diagramas P-T obtidos para a amostra 129A, com análises de núcleos e bordas da associação paragonita-plagioclásio-glaucofânio-clotita-quartzo.</i>	120
11.7	<i>Diagramas P-T obtidos para a amostra 124, com análises de núcleos e bordas da associação paragonita-plagioclásio-glaucofânio-clorita-quartzo.</i>	121
11.8	<i>Diagramas P-T obtidos para a amostra 113F, com análises de núcleos e bordas da associação granada-mica branca-albita-clorita-quartzo.</i>	122
11.9	<i>Conjunto das trajetórias das amostras individuais da região de Jambaló.</i>	123
11.10	<i>Diagrama representativo do cálculo da fração molar de CO₂ das rochas na fácies anfibolito de Barragán.</i>	125
11.11	<i>Diagrama P-T obtido para os núcleos dos minerais da amostra 189 da associação granada-pargasita-clinozoisita-dolomita-quartzo.</i>	125
11.12	<i>Estimativa das condições P-T de formação da amostra 189, com análises de núcleos e bordas da associação granada-pargasita-clinozoisita-dolomita-quartzo.</i>	126
11.13	<i>Diagramas P-T obtidos para a amostra 189A, com análises de núcleos e bordas dos minerais, da associação granada-tremolita-tschermakita-plagioclásio-quartzo.</i>	127
11.14	<i>Diagramas P-T obtidos para a amostra 196D, com análises de núcleos e bordas da associação paragonita-glaucofânio-pumpellyita-lawsonita-clinozoisita-quartzo.</i>	128
11.15	<i>Conjunto das trajetórias das amostras da região de Barragán.</i>	129
12.1A	<i>Diagrama para identificação de amostras que sofreram alterações nos conteúdos de sódio e potássio devido à introdução e/ou retirada de elementos.</i>	132
12.1B	<i>Diagrama de discriminação de amostras que apresentam composições compatíveis com líquidos basálticos.</i>	132
12.2	<i>Diagrama TAS (total álcalis vs sílica) para as rochas da região de Jambaló.</i>	133
12.3	<i>Diagramas de comparação de Zr vs Ba, Zr vs Sr, Zr vs K₂O e Zr vs CaO para análise do comportamento dos elementos móveis.</i>	134
12.4	<i>Diagramas de comparação com o Mg# [100*(MgO/MgO+FeO)].</i>	135
12.5	<i>Variação do Mg# [100*(MgO/MgO+FeO)].</i>	136
12.6	<i>Diagrama FeO, Na₂O+K₂O e MgO que separa as tendências cálcio-alcálicas e tholeiíticas.</i>	137
12.7	<i>Diagrama Nb/Y vs Zr/TiO₂ de classificação das rochas vulcânicas.</i>	137
12.8	<i>Diagramas La vs Ba (A), La vs Th (B) e La vs Nb (C).</i>	138
12.9	<i>Diagrama Ti vs V de discriminação de ambiente tectônico de geração das rochas básicas.</i>	139
12.10	<i>Diagrama Hf-Th-Ta de discriminação de ambiente tectônico de geração de rochas básicas.</i>	139
12.11	<i>Diagrama Zr vs Zr/Y de discriminação de ambiente tectônico de geração de rochas básicas.</i>	140
12.12	<i>Diagrama Nb-Zr-Y de discriminação de ambiente tectônico de geração de rochas básicas.</i>	140
12.13A	<i>Diagrama Nb/Yb vs Th/Yb.</i>	141
12.13B	<i>Diagrama Nb/Yb vs TiO₂/Yb.</i>	141
12.14	<i>Diagrama Y-La-Nb de discriminação de basaltos em ambientes extensionais e compresionais.</i>	142
12.15	<i>Padrões multi-elementos dos metabasitos e das meta-intermediárias da região de Jambaló.</i>	142
12.16	<i>Padrões de elementos terras raras das amostras da região de Jambaló.</i>	143
13.1A	<i>Diagrama para identificação de amostras que sofreram alterações nos conteúdos de sódio e potássio devido à introdução e/ou retirada de elementos.</i>	144
13.1B	<i>Diagrama de discriminação de amostras que apresentam composições compatíveis com líquidos basálticos.</i>	144
13.2	<i>Diagrama TAS (total álcalis vs sílica) para as rochas da região de Barragán.</i>	145
13.3	<i>Diagramas de comparação de Zr vs Ba; Sr; K₂O e CaO.</i>	145
13.4	<i>Comparação do #Mg [100*(MgO/MgO+FeO)] com outros óxidos.</i>	146

13.5	<i>Comparação do #Mg [100*(MgO/MgO+FeO)] com outros elementos.</i>	147
13.6	<i>Diagrama FeO, Na₂O+K₂O e MgO que distingue as tendências cálcio-alcálicas e tholeiíticas.</i>	148
13.7	<i>Classificação das rochas metabásicas de Barragán, segundo a proposta de Winchester & Floyd (1977).</i>	148
13.8	<i>Diagrama Ti vs V de discriminação de ambiente tectônico.</i>	149
13.9	<i>Diagrama Hf–Th–Ta de discriminação de ambiente tectônico.</i>	149
13.10	<i>Diagramas Zr vs Zr/Y de discriminação de ambiente tectônico.</i>	150
13.11	<i>Diagrama Nb–Zr–Y de discriminação de ambiente tectônico.</i>	150
13.12	<i>Diagrama Y–La–Nb de discriminação de basaltos.</i>	151
13.13	<i>Diagramas Nb/Yb vs Th/Yb e Nb/Yb vs TiO₂/Yb.</i>	152
13.14	<i>Padrões químicos dos metabasitos na fácies xisto azul e anfíbolito da região de Barragán.</i>	153
13.15	<i>Diagramas multi-elementares mostrando padrões de elementos terras raras das amostras da região de Barragán.</i>	153
14.1	<i>Espectro de argônio obtido para a amostra 129C.</i>	154
14.2	<i>Espectros de argônio obtidos para a paragonita da amostra 124F.</i>	155
14.3	<i>Espectros de argônio obtidos em paragonita da amostra 124G.</i>	156
14.4	<i>Espectro de argônio obtido em fengita da amostra 124J.</i>	156
14.5	<i>Espectros de argônio obtidos para a paragonita da amostra 121B.</i>	157
14.6	<i>Espectros de argônio obtidos para a paragonita da amostra 123A.</i>	157
14.7	<i>Espectros de argônio obtidos para a amostra 125M.</i>	158
15.1	<i>Espectros de argônio obtidos para a amostra 190B.</i>	160
16.1	<i>Diferentes tipos de trajetórias metamórficas de xistos azuis em zonas de subducção.</i>	163
16.2	<i>Esquema de evolução tectônica (geração e exumação) das rochas na fácies xisto azul da região de Jambaló.</i>	166
16.3	<i>Esquema de evolução tectônica (geração e exumação) das rochas de alta pressão da região de Barragán.</i>	168

TABELAS

4.1	<i>Protólitos e características dos cinturões de xistos azuis.</i>	12
4.2	<i>Mineralogia essencial das rochas das unidades da região de Jambaló.</i>	19
4.3	<i>Mineralogia essencial dos xistos glaucofânicos e eclogitos de Barragán.</i>	21
6.1	<i>Mineralogia dos principais litotipos da área de Jambaló.</i>	54
6.2	<i>Blastese dos minerais em relação às foliações metamórficas em diferentes litotipos da área de Jambaló.</i>	54
8.1	<i>Minerais presentes nos litotipos da região de Barragán.</i>	75
8.2	<i>Blastese dos minerais em relação às foliações metamórficas nos metabasitos da área de Barragán.</i>	75
9.1	<i>Intervalos de variação de Fe²⁺ e Mg em a.p.f.u. das análises classificadas no campo da picroclorita.</i>	87
10.1	<i>Variação dos conteúdos de Si, Ca, Al e Mg# (Mg/Mg+Fe²⁺) em a.p.f.u. na pumpellyita analisada nas rochas da fácies xisto azul da região de Barragán.</i>	100
11.1	<i>Símbolos de minerais usados nos cálculos termobarométricos da região de Jambaló.</i>	116
11.2	<i>Símbolos de minerais usados nos cálculos termobarométricos da região de Barragán.</i>	124
12.1	<i>Teores SiO₂ dos metabasitos e meta-intermediárias da região de Jambaló.</i>	131
14.1	<i>Resultados ⁴⁰Ar/³⁹Ar das amostras analisadas da região de Jambaló.</i>	158
15.1	<i>Resultados ⁴⁰Ar/³⁹Ar das amostras analisadas da região de Barragán.</i>	160

FOTOS

5.1	<i>Afloramento de rochas quartzo-monzonitos com forte fraturamento no lugar conhecido como “Balasterra La Luz” no oeste do povoado de Tacueyó. No lugar existiu uma pedreira de extração do material para brita.</i>	22
5.2	<i>Aspecto típico dos afloramentos de xistos azuis (blocos) e dos clorita xistos (parede do afloramento) no Córrego San Diego ou El Barrial.</i>	23
5.3	<i>Material metaconglomerático que separa os afloramentos de metapelitos das metavulcânicas</i>	25
5.4	<i>Afloramento de xistos verdes que afloram no córrego Cansa Bobos, intensamente foliados, levemente crenulados onde os leitos mais claros são mais ricos em minerais do grupo do epidoto e os mais escuros em anfibólios.</i>	26
5.5	<i>Mica-glaucofânio xisto, com cristais prismáticos de glaucofânio (cinza-azulados) orientados na foliação e tendendo a formar arranjos radiados ou em leque, indicativos de cristalização sin- a tardi-cinemática em relação ao desenvolvimento da foliação milonítica</i>	27

5.6	<i>Vista geral do afloramento de rochas meta-ultramáficas intensamente serpentinizadas. O afloramento (131) localizado na porção central da foto apresenta-se com uma cor esverdeada produto da intensa serpentinização</i>	27
6.1	Zonamento de glaucofânio com núcleo mais intensamente pleocróico que a borda	29
6.2	Zonamento de glaucofânio com núcleo menos pleocróico que a borda	29
6.3	Borda de substituição por um outro anfibólio (possível actinolita)	29
6.4	Substituição de glaucofânio por clorita nas bordas	29
6.5	Crescimento radiado de glaucofânio na escala macroscópica	29
6.6	Crescimento radiado de glaucofânio na escala microscópica	29
6.7	Foliação definida pelas micas anastomosadas	31
6.8	Desenvolvimento de textura poligonal em quartzo e contatos triplos a ~120°	31
6.9	Epidoto-clinozoisita na foliação e como matriz da rocha	31
6.10	Clorita como substituição parcial de glaucofânio	31
6.11	Carbonato com lamelas de deformação	31
6.12	Plagioclásio com geminação de tipo albita	31
6.13	Minerais opacos subidioblásticos disseminados	33
6.14	Granada poiquiloblástica com bordas bem definidas	33
6.15	Estilpnomelano alongado seguindo a foliação principal da rocha	33
6.16	Albita em desequilíbrio com clorita	33
6.17	Padrão de inclusões em albita e clorita	33
6.18	Orientação das inclusões na foliação e no dobramento	33
6.19	Dobramento de albita	36
6.20	Albita definindo a textura granoblástica e a foliação da rocha	36
6.21	Banda de quartzo com extinção ondulante	36
6.22	Cristais de mica acompanhando a foliação	36
6.23	Minerais opacos orientados segundo a foliação e o dobramento	36
6.24	Epidoto-clinozoisita disseminado na rocha	36
6.25	Inclusão de zoisita em albita	37
6.26	“Bandas” de biotita que acompanham a foliação	37
6.27	Cristais prismáticos de anfibólio	37
6.28	Glaucofânio em clorita-plagioclásio xisto	37
6.29	Granada com substituição total por clorita. Pseudomorfo	37
6.30	Granada com substituição total por clorita. Pseudomorfo	37
6.31	Epidoto-clinozoisita definindo a foliação com a mica e carbonato	40
6.32	Clorita com minerais opacos nos planos de clivagem	40
6.33	Plagioclásio fortemente deformado. Associação com mica, quartzo e minerais opacos	40
6.34	Estilpnomelano em crenulação associado à mica e clorita	40
6.35	Glaucofânio com substituição por clorita e anfibólio fibroso	40
6.36	Granada com inclusões de quartzo conservando foliação pretérita	40
6.37	Glomeroblasto de epidoto-clinozoisita	45
6.38	Glomeroblasto de epidoto-clinozoisita estirado	45
6.39	Carbonato com lamelas de deformação	45
6.40	Cortes basais e longitudinais de anfibólio	45
6.41	Geminação polissintética em albita	45
6.42	Pumpellyita radiada	45
6.43	Plagioclásio com geminação de tipo albita associado com quartzo	47
6.44	Anfibólio em textura nematoblástica	47
6.45	Estilpnomelano em agregados radiados	47
6.46	Albita como matriz	47
6.47	Albita como porfiroclastos	47
6.48	anfobólio disseminado	47
6.49	Estilpnomelano subidioblástico	50
6.50	Clorita e epidoto em veio	50
6.51	Núcleo de piroxênio (Px) em rocha ultramáfica. Associação com serpentina (Srp), clorita (Chl) e anfibólio (Amp) fibroso	50
6.52	Minerais opacos disseminados em rocha ultramáfica	50
6.53	Sericitização de plagioclásio	50
6.54	Fratura de plagioclásio preenchida por carbonato	50
6.55	Textura pertítica	52
6.56	Quartzo com extinção ondulante	52

6.57	Clorita como produto de substituição de biotita	52
6.58	Muscovita dobrada	52
6.59	Zircão idiomórfico	52
6.60	Zircão idiomórfico	52
7.1	<i>Afloramento (197) de clorita-lawsonita xisto. Nele observa-se uma rocha com bandas esverdeadas que correspondem a leitos mais ricos em clorita e bandas brancas alaranjadas que contem uma mistura de quartzo e lawsonita</i>	55
7.2	<i>Afloramento de rochas ultramáficas intensamente serpentinizadas. As rochas apresentam-se intensamente fraturadas e milonitizadas. As cores verdes correspondem às maiores concentrações de serpentina e as cores marrons claras a áreas de concentração de intemperismo</i>	56
7.3	<i>Afloramento (189) de rochas da fácies anfibolito. No afloramento nota-se o intenso intemperismo superficial e a milonitização das rochas</i>	56
8.1	Glaucofânio com núcleo mais intensamente pleocroico que a borda	58
8.2	Textura nematoblástica dobrada	58
8.3	Crenulação S_{n+1} oblíqua à foliação S_n com cristalização de glaucofânio	58
8.4	Clorita (Chl) xenoblástica e subidioblástica	58
8.5	Clorita (Chl) e lawsonita (Lws) em desequilíbrio	58
8.6	Clorita (Chl) e lawsonita (Lws) em paragênese	58
8.7	Pumpellyita (Pmp) em textura nematoblástica junto ao glaucofânio (Gln)	60
8.8	Cristais subidioblásticos e idioblásticos de lawsonita (Lws)	60
8.9	Foliação S_1 definida pelas inclusões de titanita em lawsonita	60
8.10	Geminação lamelar em lawsonita	60
8.11	Epidoto (Ep) zonado, evidenciado na variação da cor	60
8.12	Epidoto (Ep) zonado, evidenciado na variação da birrefringência	60
8.13	Titanita disseminada e acompanhando a foliação	61
8.14	Quartzo com extinção plana	61
8.15	Mica branca (Wm) junto ao glaucofânio (Gln), epidoto e opacos	61
8.16	Pirita parcialmente oxidada	61
8.17	Grãos de plagioclásio (Pl) com geminação de tipo albita	61
8.18	Calcita (Cal) xenoblástica intersticial	61
8.19	Zonamento do anfibólio	64
8.20	Exsolução de outro anfibólio na hornblenda	64
8.21	Textura simplectítica em borda de anfibólio	64
8.22	Possível anfibólio sódico (Na-Amp) em núcleo de anfibólio cálcico (Ca-Amp)	64
8.23	Granada com inclusões no núcleo e bordas límpidas	64
8.24	Plagioclásio com geminação de tipo albita	64
8.25	Plagioclásio (Pl) poiquiloblástico	65
8.26	Zoisita (Zo) idioblástica	65
8.27	Titanita idioblástica	65
8.28	Titanita (Ttn) em borda de reação de rutilo (Rt)	65
8.29	Veio de escapolita (Scp)	65
8.30	Veio de escapolita	65
8.31	Inclusão de mica em plano de clivagem de anfibólio	67
8.32	Cristais placóides de serpentina e textura mesh preservada	67
8.33	Mineral opaco xenoblástico arredondado	67
8.34	Carbonato e serpentina	67
8.35	Quartzo com contatos suturados e com extinção ondulante	67
8.36	Mica e grafita em foliação e crenulação	67
8.37	Textura lepidoblástica de clorita junto à muscovita	70
8.38	Grafita acompanhando a foliação	70
8.39	Minerais opacos porfiroblásticos	70
8.40	“Fantasmas” de feldspato (?)	70
8.41	Textura mortar em protocataclasito	70
8.42	Textura granolepidoblástica com muscovita, clorita e quartzo	70
8.43	Quartzo com contatos suturados	72
8.44	Quartzo com contatos retos	72
8.45	Granada com concentração de minerais opacos nas bordas	72
8.46	Granada (Grt) com foliação interna S_1 inclusa em andaluzita (And)	72
8.47	Poiquiloblasto de plagioclásio	72

8.48	Andaluzita com inclusão de granada	72
8.49	Borda de oxidação de limonita em clorita	74
8.50	Borda de oxidação de limonita em clorita	74
8.51	“Fitas” de grafita fortemente dobradas	74
8.52	Grão subidioblástico de titanita concordante com a foliação	74
8.53	Bordas de limonita e possível leucoxênio em opacos	74
8.54	Zonamento concêntrico em clinozoisita	74
ANEXOS		179
I	Mapa esquemático da região de Jambaló	
II	Mapa esquemático da região de Barragán	
III	Análises de química mineral selecionadas da região de Jambaló	
IV	Análises de química mineral selecionadas da região de Barragán	
V	Análises geoquímicas completas das amostras da região de Jambaló	
VI	Análises geoquímicas completas das amostras da região de Barragán	

INTRODUÇÃO

Esta tese de doutoramento foi desenvolvida como parte do projeto de pesquisa Petrogênese, metamorfismo e evolução tectônica dos xistos azuis dos Andes da Colômbia, Equador e Chile (FAPESP 2004/10203-7) e visou o estudo dos xistos azuis e rochas associadas na Cordilheira Central dos Andes na Colômbia, mais especificamente aqueles das unidades dos **Lawsonita–Glaucofânio Xistos e Eclogitos de Barragán** (Valle del Cauca) e dos **Xistos Glaucofânicos de Jambaló** (Cauca). Buscou também estudar os xistos azuis do Departamento de Quindío, reportados por Núñez & Murillo (1978), mas essas rochas não foram encontradas nas localidades descritas durante os trabalhos de campo feitos para o desenvolvimento desta tese. Outros pesquisadores (Mojica *et al.* 2001) realizaram trabalhos de campo em anos posteriores na região de Pijao e também não tiveram sucesso na localização desses xistos azuis, razão pela qual essa ocorrência registrada na bibliografia é desconsiderada nesta pesquisa.

A grande importância do estudo dos xistos azuis deve-se ao fato de que os cinturões metamórficos de alta pressão e baixa temperatura inequivocamente relacionam-se com zonas de subducção e de colisão entre placas litosféricas (Bowes, 1989), em especial nas zonas orogênicas mesozóicas e cenozóicas Circum–Pacíficas, no Caribe, nos Alpes e no Himalaia (Miyashiro, 1961; Ernst, 1972; Maruyama *et al.*, 1996). A gênese e evolução dos xistos azuis comumente relacionam-se com a formação de eclogitos, rochas estas também de grande importância para o estabelecimento da evolução crustal.

Conforme discutido por Coleman (1972) e Spear (1995), os xistos azuis do tipo Franciscano têm trajetórias metamórficas e retrógradas muito próximas no campo P–T e se caracterizam pela presença de aragonita e pela falta da sobreposição de metamorfismo da fácies xisto verde ou anfíbolito, ao passo que o tipo Alpino usualmente mostra inversão da aragonita para calcita e sobreposição de metamorfismo barrowiano.

Por se associarem a limites convergentes de placas tectônicas, os estudos dos eventos metamórficos e deformacionais registrados nos xistos azuis são fundamentais para dedução do tipo da subducção e dos regimes colisionais e de exumação (Ernst, 1988; Smith *et al.*, 1999). A evolução P–T–t e, em especial, a exumação dos xistos azuis pode ser extremamente complexa, sendo associada principalmente a eventos colisionais de naturezas diversas ou a regimes transpressivos, razão pela qual a identificação no registro geológico apresenta importantes implicações tectônicas (Draper & Lewis, 1991; Ave-Lallemant, 1996). Conseqüentemente, a correlação de suas trajetórias P–T–t–d com dados cinemáticos, geoquímicos e geocronológicos ao longo de uma zona de subducção fóssil são ferramentas fundamentais para o entendimento da evolução geológica do evento colisional e de suas diferentes fases (Smith *et al.*, 1999).

Apesar dos xistos azuis terem atraído grande interesse dos geocientistas nas últimas décadas, somente mais recentemente estudos geotermobarométricos e de definição das

trajetórias P–T–t–d têm sido feitos nestas rochas. Estes estudos tem se mostrado de grande importância para uma melhor compreensão dos processos geodinâmicos nos limites convergentes de placas tectônicas e da evolução térmica da Terra e dois tipos de xistos azuis, formados em diferentes regimes de subducção e exumação, sendo reconhecidos mundialmente, o Alpino e o Franciscano. A definição das trajetórias P–T–t e suas correlações com as estruturas tectônicas (d) são fundamentais para o entendimento de como o metamorfismo, o fluxo térmico e a tectônica se interrelacionam (Spear, 1995), pois essas informações auxiliam no entendimento dos processos que levam à implantação e evolução da anomalia térmica na crosta, bem como dos eventos tectônicos vinculados que causam a recomposição das isothermas e a exumação dos xistos azuis. Assim, a maior importância da definição das trajetórias P–T–t–d reside no seu uso para modelagem da evolução tectônica da crosta e, em especial, o estudo de complexos metamórficos formados em regimes de alta pressão e baixa temperatura usualmente contribui significativamente para compreensão de eventos de colisão de placas tectônicas e para as modelagens geodinâmicas (Ernst, 1972; Yardley, 1989; Spear, 1995).

A orogênese mesozóica a cenozóica nos Andes do Norte, no Equador e na Colômbia, caracteriza-se por uma série de colisões de arcos de ilhas e de *plateaus* oceânicos mesozóicos com a margem continental Sul-Americana, acompanhadas pela formação de diversas zonas de subducção e imbricamento de crosta oceânica, tanto na margem continental como nos domínios intra-oceânicos. Estes processos resultaram na formação de complexos ofiolíticos, de cinturões metamórficos de baixa, média e alta pressão e na amalgamação e forte interação dos diversos terrenos tectônicos (Kerr *et al.*, 1997; 2002; Ramos, 1999; Giunta *et al.*, 2002).

Algumas destas zonas de sutura, principalmente na Colômbia, são marcadas pela ocorrência de lascas tectônicas com rochas na fácies xisto azul, as quais apresentam idades de resfriamento variando entre 132 e 110 Ma, interpretadas por Feininger (1982) e Aspden & McCourt (1986) como indicativas de que sua exumação deu-se no Cretáceo Inferior. Entretanto, a evolução tectono–metamórfica e as implicações tectônicas destas ocorrências de xistos azuis nos Andes do Norte não são ainda bem compreendidas (Bosch *et al.*, 2002) e, na Colômbia, estes litotipos têm sido interpretados como relacionados a eventos de subducção, de acreção ou de colisão de uma placa oceânica vinda do noroeste, com a placa Sul-Americana (*e.g.* Feininger, 1980; Aspden & McCourt, 1986; Burgois *et al.*, 1987; Aspden *et al.*, 1995). Entretanto, além da escassez de dados geológicos, as informações disponíveis sobre esses eventos foram coletadas em poucas ocorrências de rochas de alta pressão, o que torna as interpretações decorrentes pouco representativas, impossibilitando a caracterização dos processos tectônicos envolvidos na configuração e reestruturação meso-cenozóica dos Andes do Norte.

Nas áreas de Barragán e Jambaló, os xistos azuis estão relacionados à orogênese meso-cenozóica e estudos do metamorfismo e da sua evolução P–T–t–d eram muito poucos, apesar de sua grande importância para compreensão da evolução metamórfica e tectônica dos Andes do

Norte. Assim, os estudos feitos sobre as condições P–T dos eventos metamórficos e de se suas evoluções em relação às deformações (relações de blastese dos minerais com as foliações metamórficas), juntamente com as datações Ar–Ar em micas brancas permitiram a determinação das idades dos eventos metamórficos associados à geração dos xistos azuis e sua correlação com os eventos orogênicos andinos. Esses dados e os estudos geoquímicos das metavulcânicas permitiram interpretar a evolução geodinâmica dominante no período de geração das associações metamórficas e dos protolitos, o que é de grande importância para melhoria dos conhecimentos sobre os regimes tectônicos da Cordilheira Central da Colômbia.

1 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS ÀS ÁREAS DE ESTUDO

Os xistos azuis ocorrem no flanco ocidental da Cordilheira Central dos Andes Colombianos, nas regiões nordeste do Departamento de Cauca e nordeste do Departamento de Valle del Cauca. O acesso a Barragán pode ser feito através da rodovia que une a cidade Cali a Tuluá (Departamento de Valle del Cauca) de onde a região é alcançada por diversas estradas secundárias (Figura 1.1).

Figura 1.1. Localização e vias de acesso na área de Barragán.

O acesso à região de Jambaló pode ser feito através da rodovia que liga a cidade de Cali a Santander de Quilichao, seguindo pela via a Caloto até chegar à cidade de Toribío, no Departamento de Cauca, de onde a área pode ser alcançada através de diversas estradas secundárias e trilhas (Figura 1.2).

Figura 1.2. Localização e vias de acesso na área de Jambaló.

2 OBJETIVOS

Este doutoramento visou a caracterização petrográfica do grau metamórfico e a quantificação das condições do metamorfismo progressivo e retrógrado das rochas das áreas de Barragán e Jambaló, com ênfase para os litotipos da fácies xisto azul. Objetivou também estudar as variações temporais relativas (relações de blastese dos minerais com as foliações metamórficas) e absolutas (geocronologia), ou seja, buscou o estabelecimento das trajetórias pressão-temperatura-tempo relativo-deformação ($P-T-t-d$ paths) e a conseqüente a modelagem da evolução geodinâmica cretácea da crosta desta porção dos Andes do Norte e sua correlação com o contexto tectônico de formação dos Andes do Norte.

Para melhor contextualização do ambiente tectônico de formação dos xistos azuis, estudou-se a geoquímica dos metabasitos, visando determinar se seus protolitos foram gerados em arcos de ilhas, *plateaus* ou crosta oceânica, uma vez que algumas das seqüências vulcanossedimentares da região são interpretadas como relacionadas a complexos ofiolíticos.

Com o intuito de estabelecer as idades dos eventos metamórficos foi utilizado o método de datação radiométrica Ar-Ar em mica branca, pois a temperatura de fechamento destas varia entre 325 e 375 °C (McDougall & Harrison, 1999) o que na fácies xisto azul pode estar muito próximo ao

pico metamórfico.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançarem-se os objetivos propostos foram utilizados os seguintes materiais e métodos:

3.1 Levantamentos bibliográficos

Para a elaboração da dissertação foram usados principalmente o acervo da biblioteca do IGUSP e um Trabalho de Formatura realizado por alunos da *Universidad Nacional de Medellín*.

Os levantamentos bibliográficos compreenderam a coleta de informações nas bases de dados fornecidas pelo Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade de São Paulo (SiBi/USP), consultando-se as bases de dados DEDALUS, SciELO, ERL, ProBE e *Web of Science*.

Estes levantamentos focaram os estudos sobre a geologia regional, tectônica, geoquímica, metamorfismo e geocronologia dos Andes do Norte, especialmente os feitos nas regiões de Jambaló e Barragán, além de estudos geotermobarométricos, notadamente quanto a calibrações de geotermômetros e geobarômetros em rochas de alta pressão. Foi também dispensada atenção a publicações sobre aplicação de geotermobarometria e sobre a evolução geológica de terrenos semelhantes aos estudados.

3.2 Levantamentos de campo e amostragem

Nos levantamentos em campo foram utilizadas as folhas topográficas 1:25.000 do Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) para localização das amostras e escolha dos perfis mais apropriados, incluindo as folhas 321-III-B, 321-III-D e 343-I-B, que correspondem à faixa entre os municípios de Toribío (norte) e Jambaló (sul). Na região de Barragán foram utilizadas as folhas 262-III-A e 262-III-C.

Foi realizada apenas uma etapa de campo para cada uma das áreas, iniciada por reconhecimento regional das unidades geológicas, posteriormente, foram feitos amostragens sistemáticas mais detalhadas nas diversas unidades geológicas abrangidas nesta pesquisa.

Os trabalhos de campo no Jambaló foram realizados entre 22 de fevereiro e 27 de março de 2005, no qual foram feitos 12 perfis em córregos e, em menor proporção, em estradas. Os perfis levantados nos córregos têm em média 3 km. O trabalho todo foi feito entre as localidades de Tacueyó ao norte e Jambaló ao sul. Neste período, foram coletadas 107 amostras de todos os litotipos presentes na região.

Os perfis foram planejados a partir da publicação de Orrego *et al.* (1980) e o mapa correspondente ao *cuadrángulo N-6* publicado pela Ingeominas (1999), pois desta forma se esperaria que em todos os perfis seriam observados os corpos de xistos azuis. Considerando o

foco do trabalho nos xistos azuis e nas rochas metamórficas associadas, foram levantados perfis nas margens orientais dos rios San Francisco e Jambaló, em função das indicações constantes nos trabalhos prévios feitos na área. É importante ressaltar que a zona é muito pobre em afloramentos e que muitas das amostras coletadas de xistos azuis foram de blocos rolados. Entretanto, diversas amostras foram também obtidas em afloramentos, apesar do forte intemperismo.

A pouca quantidade de afloramentos dificultou a obtenção de dados estruturais contínuos, mas os dados dos locais onde foram possíveis as medições foram usados para extrapolações sobre a organização dos litotipos nos perfis. Os perfis levantados nas diversas drenagens indicam que o cinturão de xistos azuis tem dimensões muito menores que o comprimento de 25 km estimado por Orrego *et al.* (1980) e Ingeominas (1999).

Entre os dias 7 a 17 de agosto de 2005 foram realizados trabalhos de campo nos arredores do povoado de Barragán, no qual foram feitos 3 perfis em estradas. Durante o trabalho foram coletadas 44 amostras de todos os litotipos pertencentes à unidade dos Lawsonita-Glaucofânio Xistos de Barragán, nos quais se destacam principalmente eclogitos retrometamorfisados, metaultramáficas, metabasitos e, em menor proporção, metapelitos. Nesta zona, embora ocorram boas exposições, os contatos entre os diferentes litotipos e as diversas unidades não puderam ser observados.

3.3 Petrografia

As amostras selecionadas foram preparadas na seção de laminação do IGUSP em lâminas de 30 μm de espessura, com cobertura, e descritas em microscópio petrográfico de luz transmitida Zeiss Axioplan do Laboratório de Óptica do Departamento de Mineralogia e Geotectônica. Das amostras coletadas no trabalho de campo do projeto, foram confeccionadas e descritas cento e dezesseis (116) lâminas, das quais 72 pertencem à região de Jambaló e quarenta e quatro (44) a região de Barragán.

As descrições incluíram a definição da composição mineralógica, das texturas metamórficas e reliquias, das paragêneses, das microestruturas e das relações de blastese dos minerais em relação às foliações metamórficas externas (S_e) e internas (S_i), o seqüenciamento dos eventos deformacionais e a preservação de minerais em domínios microestruturais. Para cada um dos litotipos foram identificados, sempre que possível, o tipo e grau metamórfico, relativamente às foliações metamórficas e aos domínios microestruturais.

As rochas alta razão P/T foram classificadas de acordo com a proposta da *Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks (SCMR)* de Desmons & Smulikowski (2007). Para as demais rochas metamórficas da área, foi usado o esquema de Schmid *et al.* (2007).

A descrição das lâminas foi acompanhada constantemente pelos textos de Spry (1969),

Tröger (1979), Deer *et al.* (1992), Hibbard (1995), Passchier & Trouw (1996), Nesse (2004) e Vernon (2005).

As fotomicrografias foram obtidas no microscópio Olympus BXP-50 e com as câmeras Olympus CAMEDIA C-5050 ZOOM e Nikon COOLPIX 8800.

3.4 Química mineral

Da região de Jambaló, foram feitos estudos petrográficos detalhados resultando na seleção de vinte e uma (21) amostras para obtenção das composições químicas dos minerais e sua posterior utilização em interpretações qualitativas de suas condições de formação ou cálculos geotermobarométricos. Das amostras selecionadas dezessete (17) são de rochas na fácies xisto azul ou transicionais para a fácies xisto verde, ainda com restos de anfibólio sódico, e quatro (4) de rochas da fácies xisto verde.

Para a realização das análises de química mineral da região de Barragán, foram selecionadas dez (10) amostras, sendo cinco (5) delas correspondentes aos litotipos da fácies xisto azul e outras cinco (5) da fácies anfibolito.

Para as análises das amostras da região de Jambaló em microsonda eletrônica foram confeccionadas seis (6) lâminas delgadas polidas e metalizadas com película de carbono. As análises foram feitas com a microsonda eletrônica JEOL, modelo JXA 8600 *Superprobe* do Departamento de Mineralogia e Geotectônica do IGUSP. Outras quinze (15) lâminas delgadas da mesma região e as de Barragán foram analisadas com a microsonda CAMECA, modelo SX-100 no *Department of Geological Sciences* da *University of Michigan*, nos Estados Unidos.

Para as análises de anfibólios, micas, estilpnomelano, clorita, granada, epidoto, clinozoisita, titanita, rutilo e carbonato, utilizou-se um feixe de elétron com diâmetro de 5 μm e para o plagioclásio foi usado um feixe de 10 μm . Em todas as análises a corrente foi de $\sim 20,1$ nA e voltagem de 15 KV.

As composições químicas dos minerais metamórficos foram definidas em boa parte através de perfis composicionais, visando à determinação de zonamentos químicos e de suas relações de blastese com as foliações tectônicas externas e internas, para estabelecer cronologia relativa de cristalização (t). Sempre que possível, foram analisadas as inclusões de minerais e o mineral hospedeiro em contato, objetivando uma melhor determinação das condições do metamorfismo para uma determinada zona composicional do mineral.

3.5 Geotermobarometria

As condições de pressão e temperatura dos litotipos selecionados foram obtidas utilizando-se o programa TWQ 1.02 (Berman, 1991).

Com base na petrografia detalhada das seções delgadas, foram efetuados os cálculos

termobarométricos em amostras de cada um dos litotipos, focalizando principalmente as reações dos equilíbrios metamórficos. As análises de associações texturalmente em equilíbrio foram separadas das assembléias correspondentes a cada um dos domínios microestruturais e das cristalizadas em condições retrometamórficas. Concluída esta parte, foram avaliadas as melhores análises (melhor proporção catiônica e equilíbrios que representam) com base na qualidade e precisão para aplicação nos cálculos geotermobarométricos, usando as análises representativas dos melhores equilíbrios de cada uma das assembléias.

As informações mineralógico-estruturais obtidas pela petrografia e os dados da química mineral, utilizadas em conjunto com a geotermobarometria possibilitaram não somente a estimativa das condições de temperatura e de pressão de formação das rochas, como também a definição de suas trajetórias evolutivas no campo P–T, por meio do seqüenciamento definido pelas relações de blastese com as foliações metamórficas (tempo relativo – t).

3.6 Geoquímica de rochas

Nas análises geoquímicas das amostras das regiões de Jambaló e Barragán, as amostras foram selecionadas seguindo os mesmos critérios usados para a química mineral, ou seja, que foram selecionados litotipos que correspondam a principalmente a protolitos de rochas básicas. Preferencialmente foram selecionadas as amostras de metabasitos da fácies xisto azul, mas também foram analisados rochas da fácies xisto verde de Jambaló e da fácies anfibolito de região de Barragán.

Os dados geoquímicos das rochas metamórficas foram usados como indicadores da natureza e ambiente tectônico no qual elas se formaram. A interpretação dos dados baseou-se no conceito fundamental da pequena mobilidade dos elementos de HFSE (Ti, Th, Ta, Zr, Y, Nb, P e Hf), os metais transicionais (Cr, Ni e V), os elementos terras raras (REE) e a permanência parcial de alguns elementos maiores em forma de óxidos (SiO₂, MgO, CaO e MnO) durante o metamorfismo e eventualmente durante alterações hidrotermais (Pearce & Cann, 1973; Winchester & Floyd, 1977; Beccaluva *et al.*, 1979; Juliani & McReath, 1993; McLennan *et al.*, 1993). Segundo Winchester & Max (1989), os elementos de raio iônico grande (Cs, Rb, Sr e Ba) e o K₂O são potencialmente móveis nos eventos metamórficos, por esta razão sua interpretação pode resultar em erros.

A primeira etapa da preparação das amostras foi feita no Laboratório de Tratamento de Amostras (LTA) do Departamento de Mineralogia e Geotectônica do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Esta etapa compreendeu a fragmentação, trituração e pulverização em moinho de carboneto de tungstênio. Todas as amostras foram analisadas em espectrômetro de massa com plasma acoplado (ICP-MS) e pela técnica de ativação de nêutrons (INAA) no *ACTIVATION LABORATORIES LTD* no Canadá. Os limites de detecção para os óxidos são SiO₂,

Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 de 0,01% e MnO e TiO_2 de 0,001% com perdas por ignição de 0,01%. No caso dos elementos traço, estes têm variação dos limites de detecção entre 0,005 e 10000 ppm dependendo do elemento analisado.

Da área de Jambaló foram analisadas 12 amostras, das quais seis (6) correspondem a metabasitos da fácies xisto azul e seis (6) da fácies xisto verde, incluindo um epidosito e um estilpnomelano-muscovita-albita-anfibólio-quartzo xisto.

Da região de Barragán, foram analisadas 11 amostras, das quais cinco (5) correspondem a metabasitos da fácies anfibolito e seis (6) da fácies xisto azul.

3.7 Geocronologia Ar–Ar e K–Ar

Segundo Faure (1986), Dickin (1995), McDougall & Harrison (1999), o potássio é um dos elementos mais abundantes da terra e tem três isótopos, dos quais o ^{40}K , que é radioativo, apresenta uma abundância de 0,01167, quando comparado aos outros dos isótopos. O ^{40}K decai em ^{40}Ca e ^{40}Ar , sendo as constantes de decaimento para estes de $0,581 \times 10^{-10}$ anos e $4,962 \times 10^{-10}$ anos, respectivamente.

O método Ar–Ar se baseia na transformação do ^{39}K em ^{39}Ar durante a irradiação por nêutrons em reator nuclear. Após esta irradiação o material é fundido num sistema vácuo e as abundâncias relativas dos diferentes isótopos de Ar são analisadas num espectrômetro de massa. As razões $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ são proporcionais às razões $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ e à idade da amostra.

O método Ar–Ar permite a medição direta do isótopo radiogênico e o isotópico radioativo na mesma amostra, proporcionando uma maior precisão das análises. Adicionalmente, no método Ar–Ar é possível fundir por etapas o material analisado, obtendo-se desta maneira idades aparentes ao longo de cada etapa. Estas liberações parciais de argônio permitem não somente conhecer a distribuição do gás na amostra, como também avaliar o comportamento do argônio radiogênico, possibilitando a identificação da presença de diferentes reservatórios de argônio e a existência de argônio em excesso. Com isto, é possível um maior controle do significado dos resultados geocronológicos, identificando possíveis episódios de perdas parciais de argônio, argônio em excesso, ou heterogeneidades composicionais, deixando à margem algumas incertezas do método K–Ar, que utiliza a fusão total da amostra, não permitindo o rastreamento das complexidades geológicas registradas na amostra.

Na interpretação dos dados K–Ar e Ar–Ar foi utilizado o conceito de temperatura de fechamento, que representa o momento em que a velocidade de difusão do argônio no sistema torna-se praticamente nula. As temperaturas de fechamento do anfibólio são de 450 ± 50 °C, biotita 300–350 °C e muscovita 350 °C. Entretanto, esses valores não são absolutos e a deformação, presença de fluidos, variações composicionais nas fases minerais, o tamanho da amostra e as taxas de resfriamento podem modificar significativamente este valor (Dahl, 1996;

Villa, 1997). A muscovita, particularmente em condições de baixo grau metamórfico e na zona da diagênese, pode apresentar temperaturas de fechamento variáveis. Valores sugeridos de 100–140 °C para a zona de diagênese–anquizona (150–250 °C), e 260 ± 30 °C para rochas no limite entre a fácies xisto verde e a sub-xisto verde que são formadas em temperaturas de 250–350 °C (Hunziker *et al.*, 1986; Adams *et al.*, 1999).

A interpretação das idades dentro do contexto metamórfico é condicionada pela relação entre as condições de metamorfismo (principalmente temperatura) e a temperatura de fechamento do sistema. Estudos sistemáticos em diferentes perfis contínuos de rochas metamórficas de baixo grau têm sugerido que é possível obter idades metamórficas em rochas metamorizadas na fácies prehnita–pumpellyita, enquanto que na fácies xisto verde e condições superiores a esta as idades têm relação com o resfriamento (Adams *et al.*, 1999; Adams & Maas, 2004).

No caso das análises da rocha total, considera-se que o gás liberado está relacionado diretamente com as fases potássicas, tendo como possíveis inconvenientes a mescla de minerais com diferentes temperaturas de fechamento ou, em rochas de baixo grau, a preservação de heranças detríticas, como em feldspatos (Dallmayer & Takasu, 1992; Clauer & Chauduri, 1999). Na interpretação do significado da idade aplicam-se os mesmos princípios de temperatura de fechamento.

Os concentrados de minerais foram preparados com o uso de técnicas clássicas de separação, principalmente por catação manual, pois a granulação, que varia entre 0,5 e 1 mm, e a quantidade dos minerais, simplificou o processo. Em quase todas as amostras, foram analisados dois (2) ou três (3) grãos, embora em algumas amostras foi analisado um único grão.

As análises foram feitas no Laboratório de Geocronologia de Argônio (Argon Geochronology Laboratory) da *University of Michigan*, nos Estados Unidos.

As análises $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ foram feitas utilizando uma técnica de encapsulamento a vácuo, seguindo o procedimento descrito e discutido por Dong *et al.* (1995); Hall, *et al.* (1997) e Pettke *et al.*, (2000). A irradiação das amostras foi realizada no reator nuclear *Phoenix–Ford Memorial* da *University of Michigan* durante 30 h, juntamente com o padrão MMHb–1 (idade = 520,4 Ma). Após a irradiação foram escolhidos dois ou três cristais de cada amostra para extração e purificação de argônio pelo método de fusão por etapas (*step heating*). Os isótopos Ar foram medidos com um espectrômetro de massas VG 1200S, e as análises foram realizadas utilizando um detector Daly.

Da região de Jambaló foram selecionadas e analisadas pelo método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ muscovita ou fengita ou paragonita de sete (7) amostras, das quais seis (6) são de rochas da fácies xisto azul e uma (1) da fácies xisto verde.

Da região de Barragán foi selecionada uma (1) única amostra de muscovita para a análise geocronológica Ar–Ar, correspondendo a um grafita-clorita-muscovita-quartzo xisto da fácies xisto verde, que ocorre associado a rochas da fácies xisto azul.

4 SÍNTESE BIBLIOGRÁFICA FUNDAMENTAL

Uma breve revisão sobre o metamorfismo da fácies xisto azul, a evolução geológica dos Andes do Norte Colombianos no Cretáceo e a constituição geológica das áreas de Barragán e Jambaló são apresentadas a seguir:

4.1 Metamorfismo e Litotipos da Fácies Xisto Azul

O termo Fácies Glaucofânio Xisto foi proposto por Eskola (1939) e redefinido como Fácies Glaucofânio–Lawsonita por Fyfe & Turner (1966). Bailey (1962) nomeou esses xistos com glaucofânio como xistos azuis e Turner (1981) cunhou o termo Fácies Xisto Azul, que mais comumente é utilizado para descrição do metamorfismo dessas rochas.

Entretanto, a exata caracterização petrográfica da fácies xisto azul tem sido objeto de controvérsias, em função da composição química variada dos seus protolitos ígneos e sedimentares. Apesar disto, há consenso sobre a típica assembléia de minerais que ocorre nos metabasitos metamorfizados em temperaturas semelhantes às da fácies xisto verde e em pressões mais altas, que são caracterizadas pela presença de glaucofânio, lawsonita, clinopiroxênio sódico ou onfacita, muscovita fengítica/fengita, pumpellyita e aragonita em paragênese com actinolita, clorita, albita, epidoto, quartzo, paragonita e estilpnomelano (Spear, 1995).

O efeito mais característico do metamorfismo de alta pressão em rochas básicas é a substituição dos anfibólios cálcicos típicos das rochas de terrenos barrowianos, pelo anfibólio sódico, com alta proporção da molécula glaucofânio, presentes em volumes importantes nos xistos azuis (Yardley, 1989). Muito embora estas rochas sejam geralmente, macroscopicamente, cinza-azuladas ou esverdeadas, elas podem apresentar cor azul-lilácea, devido a quantidades significativas de anfibólios sódicos. Ao microscópio a cor azul é usualmente observada em riebeckita e outros anfibólios sódicos ferro–fêrricos, como ferroglaucofânio e magnesioriebeckita, uma vez que o glaucofânio puro não apresenta cor azul (Bowes, 1989).

Os xistos azuis, por serem formados em pressões relativamente altas e a baixas temperaturas, foram considerados como gerados em zonas de subducção, onde a placa descendente é fria e alcança as pressões do manto ainda em temperaturas relativamente baixas. Uma vez que os xistos azuis ocorrem associados a zonas de subducção ativas ou em áreas de colisão continental (Ernst, 1972; Maekawa *et al.*, 1993; Bucher & Frey, 1994) eles foram, por algum tempo, considerados a única evidência da existência de processos de subducção antigos em terrenos metamórficos. De fato, ainda hoje, os xistos azuis tem sido uma das principais associações utilizadas para caracterização de zonas de subducção antigas.

A evolução geoquímica da crosta oceânica (incluindo componentes máficos e sedimentares) tem importante implicação para o entendimento da origem da heterogeneidade do

manto e da geoquímica dos arcos vulcânicos basálticos. Entretanto, o conhecimento da evolução geoquímica atual da crosta oceânica subductada é baseado principalmente em evidências indiretas, tais como a composição dos arcos vulcânicos basálticos e o entendimento das propriedades geoquímicas dos elementos traço. Certos tipos de cinturões de xistos azuis são considerados como resultado da exumação de porções de crosta oceânica subductada, o que possibilita o estudo da evolução desta crosta oceânica preservada nos cinturões metamórficos com xistos azuis, que podem incluir xistos verdes e eclogitos (Lavis *et al.*, 2005).

Os cinturões de xistos azuis podem ser classificados em dois grupos, de acordo com os protolitos, cujas principais características são resumidas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Protolitos e características dos cinturões de xistos azuis (Modificado de Maruyama *et al.*, 1996).

Protolito	Tipo A	Tipo B
Sedimentos marinhos de águas rasas	Plataforma de carbonatos	Calcários orgânicos de recife
Sedimentos marinhos de águas profundas	Ausente	Cherts estratificados, nódulos de manganês
Rochas ígneas	Bimodal (basalto e dacito)	MORB
Embasamento continental	Presente (complexo granítico–gnáissico)	Ausente
Minérios	Tipo Kuroko (sulfetos maciços)	Originados em cadeia meso–oceânicas
Depósitos de turbiditos	Cobertura de plataforma (sedimentos peraluminosos)	Preenchimento de trincheiras (grauvacas, fluxo de vulcanoclásticas andesíticas)
Pressão máxima	45 kbar	12 kbar
Cinturão granítico associado	Raro ou ausente	Normalmente presente
Grau de reações retrógradadas	Grande	Pequeno
Peridotitos regionalmente metamorfisados	Granada peridotito e espinélio peridotito	Espinélio peridotito e plagioclásio peridotitos fortemente serpentinizados
Cinturões pareados	Ausente	Presente

As rochas básicas são especialmente importantes para o entendimento do metamorfismo em altas pressões e baixas temperaturas, pois eles são mais susceptíveis a mudanças mineralógicas que os pelitos. Estas condições de alta pressão, baixa temperatura e baixo fluxo de calor são bem satisfeitas em zonas onde a subducção de crosta oceânica relativamente fria, ou de *underplating* de rochas supracrustais, e o espessamento da crosta continental são os processos dominantes (Bowes, 1989).

No ambiente tectônico de formação das rochas de alta pressão dois tipos principais de trajetórias metamórficas são reconhecidas nos xistos azuis (Ernst, 1972). A primeira delas, denominada Tipo Alpino, ocorre na maioria das zonas de subducção recentes, como verificado nos Alpes, Turquia, Grécia, Japão, Nova Zelândia e no norte da Ásia e China. Sua trajetória metamórfica tem sentido horário, o que faz com que os xistos azuis e os eclogitos associados sejam substituídos por xistos verdes e anfibolitos durante o retrometamorfismo. Este tipo de xisto azul é formado em zonas de subducção, nas quais ocorre descompressão aproximadamente isothermal, provocada por exumação muito rápida em regimes compressionais, à qual se associa forte erosão. Segundo Ernst (1972) isto pode ser causado pela colisão de um arco de ilhas ou por

um fragmento de crosta continental com o continente, resultando em rápido soerguimento e denudação dos xistos azuis. Alternativamente este tipo de trajetória pode ser explicado pelo aumento de pressão causado pelo acúmulo de rochas supracrustais no prisma acrecionário de uma fossa com forte subsidência, o que faz com que haja inserção dos sedimentos sob a crosta continental, seguida pela exumação em zonas de cavalgamentos, acentuada pela presença de um bloco crustal superposto aos sedimentos durante a colisão (Platt, 1987).

O segundo tipo, chamado de Franciscano, caracteriza-se por uma trajetória retrometamórfica quase coincidente com a trajetória do metamorfismo progressivo. Esse é típico dos terrenos do Complexo Franciscano (Califórnia, EUA) e é formado em terrenos que são rapidamente resfriados durante a exumação, implicando em soerguimento crustal relativamente lento, o que possibilita a transferência da energia térmica das cunhas tectônicas de rochas de alta pressão em zonas de *mélanges* para as encaixantes mais frias (Cloos, 1982).

Nota-se que os diferentes tipos e modelos derivados da interpretação das trajetórias metamórficas associam-se sempre com zonas de subducção, mas sua evolução pode relacionar-se com a evolução do metamorfismo de soterramento e com a colisão tectônica (segundo o modelo de Platt, 1987), com ofiolitos (Ernst, 1972) e com a exumação de eclogitos (Spear, 1995).

Especialmente na região de Jambaló, as características petrográficas dos xistos verdes e anfíbolitos associados aos xistos azuis sugerem, pela presença de fengita e de relíquias de anfibólio sódico, que os xistos azuis foram retrometamorfizados em regime de maior temperatura, o que permitiria classificá-los como do Tipo Alpino. Entretanto, a presença de aragonita nos xistos azuis é indicativa de uma trajetória metamórfica do Tipo Franciscano, sugerindo que a trajetória metamórfica foi de gradiente P-T intermediários entre os tipos Alpino e Franciscano.

4.2 Contexto Geológico e Tectônico da Cordilheira Central dos Andes Colombianos

A Cordilheira dos Andes é uma das mais ativas regiões de geração de crosta continental do mundo, com adições verticais de magma e acreção de domínios intra-oceânicos (Weber *et al.*, 2002). A evolução dos Andes do Norte no Equador e na Colômbia envolveu, no final do Jurássico e início do Cretáceo, um episódio de acreção de unidades continentais e oceânicas (Litherland *et al.*, 1993), cuja sutura está localizada no extremo ocidental da Cordilheira Oriental do Equador, a qual se estende até o noroeste da Colômbia, no flanco ocidental da Cordilheira Central (Litherland *et al.*, 1993; Aspdén *et al.*, 1995). A Cordilheira dos Andes na Colômbia subdivide-se nas cordilheiras Oriental, Central e Ocidental, formadas por distintos eventos de acreção crustal. A Cordilheira Oriental é composta por uma espessa pilha de metassedimentos pouco deformados e de grau metamórfico muito baixo que, recobrem discordantemente o embasamento Pré-Cambriano. A Cordilheira Ocidental é constituída por terrenos oceânicos, acrescidos à crosta continental principalmente no Cretáceo, e a Cordilheira Central é formada, em essência, pelo embasamento metamórfico, com rochas magmáticas associadas, e delgadas camadas de

sedimentos de ocorrência local.

Na Cordilheira Central dos Andes Colombianos pode ainda ser reconhecido seu embasamento, formado por um complexo polimetamórfico com rochas paleozóicas e mesozóicas (Bustamante & Juliani, 2002), afetado por intenso magmatismo granítico no Triássico (Vinasco *et al.*, 2006) e no Mesozóico (Feininger, 1982). Depósitos vulcânicos continentais terciários e quaternários ocorrem nos dois flancos da parte sul da Cordilheira (Feininger, 1982).

Um importante sistema transcorrente dextrógiro, ativo durante o Cretáceo Superior e todo Cenozóico, conhecido como Falha Romeral (Toussaint, 1996), acompanha a Cordilheira Central em toda sua extensão na Colômbia (Figura 4.1). Esta zona de cisalhamento que separa os domínios continentais a leste e oceânicos a oeste, é interpretada como sendo o traço da antiga zona de sutura, reativada tectonicamente por transcorrências, é responsável por fatiamentos e imbricamentos tectônicos entre ambos os terrenos (Feininger, 1982).

As rochas metamórficas de alta pressão afloram entre a zona de Falhas Romeral e o embasamento paleozóico da Cordilheira Central, formado por gnaisses e xistos, situado a sudeste (Feininger, 1982). No contexto evolutivo dessa região, deve ser destacado que os gnaisses e xistos paleozóicos não foram afetados pelo metamorfismo de alta pressão (Orrego *et al.*, 1980).

4.3 Metamorfismo na Cordilheira Central dos Andes Colombianos

Os Andes na Colômbia dividem-se em três cadeias de montanhas, denominadas cordilheiras Oriental, Central e Ocidental (Figura 4.1). Geologicamente pode ser dividido em dois grandes domínios, formados por diferentes terrenos tectono–estratigráficos (Restrepo & Toussaint, 1988). O Domínio Ocidental, que inclui a Cordilheira Ocidental e a margem ocidental da Cordilheira Central, tem caráter ensimático, sendo constituído por rochas vulcanossedimentares de afinidade oceânica e por complexos ofiolíticos acrescidos à margem continental durante o Mesozóico–Cenozóico. A porção siálica é representada por dois terrenos principais, quais sejam:

a) Oriental, que corresponde ao embasamento metamórfico de alto grau Pré–Cambriano coberto por complexos metassedimentares e rochas sedimentares do Paleozóico Inferior e Superior. O conjunto foi invadido por intrusões de granitóides, acompanhados por sedimentação no Mesozóico, resultando na formação de um arco magmático continental, cuja evolução das fases de *rift* e de margem passiva é característica da margem ocidental das Américas (Dickinson & Lawton, 2001). À sedimentação de margem passiva seguiu-se uma inversão tectônica, a instalação de um sistema de *foreland* relacionado com a orogenia andina e a acreção dos domínios oceânicos ocidentais. Este domínio tem sido considerado um terreno tectono–estratigráfico acrescido no Paleozóico (Restrepo & Toussaint, 1988, Forero-Suárez, 1991).

b) Um terreno de afinidade continental, localizado no núcleo da Cordilheira Central, constituído predominantemente por uma série de complexos polimetamórficos com magmatismo associado, de idades variando entre o Paleozóico Médio e o Triássico. A acreção deste terreno à

Figura 4.1. Distribuição das áreas com rochas metamórficas na Colômbia. (Modificado de Maya, 2001).

margem continental é considerada como relacionada à acresção dos outros domínios oceânicos durante o Cretáceo (Toussaint, 1996). Este terreno constitui um elemento fundamental na compreensão da evolução geológica dos Andes Norte-Occidentais, uma vez que seu embasamento metamórfico registra a complexa história geológica ocorrida entre o Paleozóico Inferior até o Triássico, relacionada à evolução Hercínica da margem ocidental do Gondwana e à

acresção e dispersão da Pangea (e.g. Jaillard *et al.*, 1991; Megard *et al.*, 1987; Noble *et al.*, 1997; Vinasco, 2001; 2007), cuja natureza encontra-se ainda pouco compreendida. A zona de estudo insere-se no contexto geológico deste domínio.

Segundo Maya (2001), o flanco ocidental e o núcleo da Cordilheira Central são limitados pela Falha Otú–Pericos a leste e a Falha Cauca–Almaguer (Romeral) a oeste. Fazem parte desta porção tectono–estratigráfica várias unidades metamórficas do Complexo Polimetamórfico da Cordilheira Central e algumas unidades sedimentares e vulcânicas (Figura 4.1). Outros estudos baseiam-se na geocronologia, resultado de datação de amostras de várias das unidades geológicas, em sua maioria não inseridos em uma base cartográfica atualizada, feitos em áreas sem detalhamento dos processos geológicos e sem uma amostragem sistemática que permita uma correlação das idades com a evolução geológica. Com o surgimento do conceito dos eventos metamórficos superpostos na Cordilheira Central (Restrepo & Toussaint, 1982), os pesquisadores têm revisado os modelos de evolução desta parte dos Andes e os trabalhos têm sido focados na diferenciação dos diferentes eventos tectono–metamórficos que a afetaram.

Os estudos mineralógicos mais detalhados e a aplicação dos conceitos das séries de fácies de Myashiro (1961), assim como a descoberta das características do metamorfismo do Grupo Arquia e das rochas metamórficas de média e alta pressão do flanco ocidental da Cordilheira Central, contrastantes com as rochas de baixa pressão no eixo da cordilheira, além do aumento nos dados geocronológicos, têm permitido estabelecer que as rochas metamórficas da Cordilheira Central foram afetados por vários eventos tectono–metamórficos superpostos no tempo e espaço (Restrepo & Toussaint, 1982; Toussaint, 1993). Por isto, as rochas metamórficas da Cordilheira Central não podem ser agrupadas num único conjunto e o uso do termo Complexo Poli-metamórfico da Cordilheira Central (Restrepo & Toussaint, 1984) é o mais adequado para referir-se a todo conjunto de rochas metamórficas que compõe a cordilheira. Segundo McCourt (1984), as rochas metamórficas da Cordilheira Central podem ser agrupadas em dois diferentes grupos: **Grupo de Xistos do Leste**, encontrado nas partes mais altas, que constitui o flanco oriental da cordilheira, formado pelas rochas metamórficas de baixa pressão; o **Grupo de Xistos do Oeste**, que compõe o flanco ocidental da Cordilheira Central e corresponde a rochas de média e alta pressão.

Segundo Maya & González (1995), a Cordilheira Central é constituída por quatro unidades litodêmicas (Figura 4.2) separadas por falhas, cuja exposição ocorre de maneira contínua, desde os limites com Equador até os 6º de latitude norte.

A unidade mais ocidental é composta por rochas vulcânicas mesozóicas, mas alguns desses conjuntos definidos por Maya & González (1995) fazem parte da Cordilheira Ocidental, razão pela qual não serão aqui descritos. Desta forma, as unidades de interesse nesta pesquisa são:

Figura 4.2. Divisão da Cordilheira Central dos Andes colombianos em unidades litodêmicas (Maya & González, 1995).

Complexo Cajamarca (Nelson, 1957): é composto por quartzo-sericita xistos, xistos verdes, filitos e algumas camadas de mármore que afloram na seção Cajamarca Alto de La

Línea, entre as falhas Otú–Pericos e Chapetón–Pericos e a falha Aranzazu–Manizales (Mosquera *et al.*, 1982). Entre as cidades de Mariquita e Manizales (3°35'N), as rochas do Cajamarca afloram desde a falha de Mulato até a falha de San Jerónimo, perto da cidade de Manizales, e encontram-se parcialmente cobertas por rochas vulcânicas (Mosquera, 1978). Neste perfil as rochas do Complexo Cajamarca têm associadas rochas de alto grau metamórfico (Maya & González, 1995). Depois dos 5°30' de latitude norte, os quartzo-sericita xistos, actinolita xistos e quartzitos afloram somente na parte central da Cordilheira Central. Ao leste da Falha Otú, o Complexo é composto por metapelitos, rochas metamórficas de baixo grau, gnaisses, gnaisses aluminosos, hornblenda gnaisses, quartzitos, escarnitos, mármore e anfibolitos (Feininger, 1972). Ao leste da Falha Silvia–Pijao afloram as rochas metamórficas de alta razão P/T da região de Jambaló, que também se inserem no Complexo Poli-metamórfico da Cordilheira Central (Restrepo & Toussaint, 1984), um dos objetos desta pesquisa.

Complexo Quebradagrande (Maya & González, 1995): é dividido em duas unidades litodêmicas, uma sedimentar e outra vulcânica, que afloram entre os complexos Cajamarca e Arquia e são limitadas pelas falhas San Jerónimo a leste e Silvia–Pijao a oeste.

Complexo Arquia: localiza-se a oeste do Complexo Quebradagrande, é limitado pela Falha Silvia–Pijao a leste e pela Falha Cauca–Almaguer a oeste e é composto por rochas metassedimentares e metaígneas (Maya & González, 1995). Este conjunto agrupa várias unidades de rochas metamórficas que incluem quartzo-sericita xistos, actinolita xistos, quartzitos e rochas metamórficas de baixo grau (Orrego *et al.*, 1993). Rochas metamórficas com protólitos de afinidade oceânica, anfibolitos, xistos verdes, anfibólio xistos, granada anfibolitos também fazem parte deste complexo, descrito em detalhe por Restrepo & Toussaint (1975), Toussaint & Restrepo (1978), Mosquera (1978), Restrepo *et al.* (1978), González (1980), Grotjohann & McCourt (1981), Esquivel *et al.* (1981), Murcia & Cepeda (1991a; b) e Orrego & Paris (1991). Também fazem parte do Complexo Arquia os xistos azuis e eclogitos da área de Barragán, (Orrego *et al.*, 1980; McCourt & Feininger, 1984).

Rochas vulcânicas oceânicas Mesozóicas: esta unidade é composta por basaltos e lavas andesíticas com doleritos, gabros e brechas vulcânicas subordinadas e com delgadas camadas de rochas vulcanoclásticas. Este conjunto apresenta um metamorfismo de baixo grau, notadamente na fácies zeólita, e em menor proporção na fácies prehnita–pumpellyita (Maya, 2001).

4.4 Geologia das Áreas de Estudo

As rochas metamórficas de alta pressão e baixa temperatura (HP/LT) da Colômbia associam-se a gnaisses e xistos (Feininger, 1982). Na região de Jambaló, ocorrem três unidades geológicas principais (Figura 4.3): os **Xistos Glaucofânicos de Jambaló**, os **Xistos Verdes de La Mina** e o **Anfibolito de San Antonio**. A esse conjunto se associam rochas plutônicas, vulcânicas e vulcanoclásticas cretácicas e rochas sedimentares cretácicas e terciárias (Orrego *et al.*, 1980). Os Xistos Glaucofânicos de Jambaló, os Xistos Verdes de La Mina e o Anfibolito de San Antonio, são três unidades que foram interpretadas por Orrego *et al.* (1980) como parte de uma seqüência ofiolítica e, ao correlacioná-las com rochas de alta pressão da Formação Raspas do Equador, Feininger (1982) propôs o seguinte modelo tectônico para a região de Jambaló: 1) Evento principal de subducção no noroeste da América do Sul, interrompido bruscamente no Eo-Cretáceo, com formação das rochas de alta pressão, 2) Exumação dos xistos azuis a leste da Falha de Romeral, em uma faixa que pode-se estender desde o Complexo Raspas ao sul do Equador (Figura 4.3) até cerca 550 km a norte de Jambaló, onde as rochas cristalinas da Cordilheira Central são cobertas pelas rochas sedimentares terciárias e quaternárias no norte da Colômbia (Figura 4.3). Neste contexto, a Falha de Romeral marcaria a borda ativa entre o limite noroeste da placa Sul-Americana com a placa oceânica vinda de noroeste, pelo menos durante o início do Cretáceo.

As características mineralógicas destas rochas são apresentadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2. Mineralogia essencial, segundo Orrego *et al.* (1980), das rochas das unidades: Xistos Glaucofânicos de Jambaló (1, 2, 3, 4 e 5), Xistos Verdes de La Mina (6, 7 e 8) e Anfibolito de San Antonio (9 e 10). (1) Glaucofânio xisto, (2) clorita xisto, (3) anfibólio xisto, (4) micaxisto, (5) mármore, (6) metadiabásio e metabasalto, (7) metagabro, (8) metassedimentos, (9) metaígneas e (10) metapelitos. Na tabela: (■) são minerais essenciais e (□) acessórios

MINERAIS	ROCHA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Glaucofânio	■	□								
Jadeíta	■					■				
Quartzo	■	■	□	■	■	■		■	■	■
Andesina							■			
Oligoclásio	■	■	■	■	□					
Albita						■		■	■	■
Mica branca (fengita ?)	■	■	□	■	■					
Calcita	■	□	■		■	■				
Estilpnomelano	■	□	□	□						
Clorita	■	■		■		■	■	■		■
Aragonita	■		□		■	■				
Epidoto	■	□	■					■	■	
Arfvedsonita (?)	■	□	■							
Granada	■									
Tremolita-actinolita		□	■			■	■		■	■
Titanita	□	□	□	□						
Grafita	□	□		□	□					
Apatita	□	□			□					
Magnetita	□		□		□					
Rutilo	□	□		□						
Zircão	□			□						
Biotita								■	■	
Muscovita								■	■	
Material carbonoso								■

Os **Lawsonita-Glaucofânio Xistos e Eclogitos de Barragán**, juntamente com rochas ultramáficas intensamente serpentinizadas, constituem um cinturão descontínuo, fortemente cisalhado, inserido tectonicamente em xistos paleozóicos (McCourt & Feininger, 1984). Os minerais que compõem estas rochas são apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3. Mineralogia essencial dos xistos glaucofânicos e eclogitos de Barragán (McCourt & Feininger, 1984), onde (■) são os minerais principais.

MINERAIS	ROCHA	
	Xistos glaucofânicos	Eclogitos
Lawsonita	■	
Glaucofânio	■	
Pumpellyita	■	
Albita	■	
Sericita	■	
Quartzo	■	
Onfacita		■
Epidoto		■
Anfibólio		■
Clorita		■
Plagioclásio (?)		■

De fato, as rochas de Jambaló e Barragán, constituem, grosseiramente, um cinturão de xistos azuis e eclogitos na Cordilheira Central da Colômbia, que pode ser estendido até o Complexo Raspas, no Equador (McCourt & Feininger, 1984). Desta forma, as rochas de alta pressão representariam remanescentes de uma zona de subducção mesozóica, com seus litotipos e vulcânicas incorporadas ao continente Sul-Americano no Cretáceo Inferior (Feininger, 1982; McCourt & Feininger, 1984).

5 DESCRIÇÃO DOS PERFIS DA REGIÃO DE JAMBALÓ

Os reconhecimentos de campo em Jambaló foram feitos nos *Resguardos* (áreas de reserva sob a jurisdição de autoridades indígenas) de Tacueyó, Toribío, San Francisco e Jambaló.

Os dados aqui apresentados foram obtidos a partir das descrições de afloramentos e de blocos rolados, que predominam na região. Dentre as estruturas tectônicas foram observadas e medidas somente foliações (regionais e miloníticas), geralmente de xistos de grã fina e cor cinza-esverdeada. O mapa esquemático da geologia da região de Jambaló está no Anexo I.

De norte a sul, a seguir apresenta-se a distribuição dos perfis feitos em cada um dos *Resguardos*:

5.1 *Resguardo de Tacueyó*

Nesta zona foram visitados os Córregos San Diego ou El Barrial e a mina La Manuela, no setor de La Calera. Ao oeste do povoado de Tacueyó, foi visitada uma pedreira abandonada de rochas ígneas félsicas conhecida na região como “*Balastreira La Luz*”.

5.1.1 *Balastreira La Luz*

Este afloramento constitui um morro isolado onde afloram corpos maiores de rochas ígneas félsicas, predominantemente quartzo-monzonitos, fortemente fraturadas e parcialmente intemperizadas e hidrotermalizadas (Foto 5.1). Entretanto não foi possível a observação dos contatos com outros litotipos descritos na região.

Foto 5.1. Afloramento de rochas quartzo-monzonitos com forte fraturamento, localizado em *Balastreira La Luz*, a oeste do povoado de Tacueyó, onde existiu uma pedreira de brita.

5.1.2 *Córrego San Diego ou El Barrial*

Neste córrego as rochas são bem foliadas, têm cor esverdeada e são representadas principalmente por clorita xistos feldspáticos finos, eventualmente com anfibólio subordinado.

Os xistos azuis foram verificados apenas como blocos rolados (Foto 5.2) em alguns trechos do perfil, o que sugere tratar-se de intercalações nos clorita xistos de no máximo poucas dezenas de metros de espessura.

Os xistos azuis são rochas foliadas de cor cinza-escuro, compostas por anfibólio cinza-azulado e eventuais grãos de granada disseminada. Alguns cristais de pirita acompanham a mineralogia da rocha. Em dois blocos foram amostrados xistos quartzo-feldspáticos com anfibólios de cor verde-oliva, bem como blocos de filitos grafitosos cinza-escuros a negros, muito finos.

Foto 5.2. Aspecto típico dos afloramentos de xistos azuis (blocos) e dos clorita xistos (parede do afloramento) no Córrego San Diego ou El Barrial.

Todos litotipos deste perfil estão variavelmente milonitizados, apresentando uma marcada foliação e estiramento de grãos de quartzo, principalmente nos clorita xistos. A foliação neste afloramento está orientada segundo N8°W e os mergulhos estão fortemente para SW. Em nenhum dos afloramentos foi possível a identificação de indicadores cinemáticos nos milonitos.

5.1.3 Mina La Manuela setor La Calera

Nesta região predominam mármore brancos, mas também estão presentes corpos com tons de cinza, verde ou rosa. Pequenos blocos rolados de rochas compostas por epidoto e anfibólio em arranjos radiados, mas concentrados nos planos de foliação foram também encontrados. O restante da mineralogia não pôde ser determinado a olho nú, ou mesmo com auxílio de uma lupa de mão. Uma destas amostras foi identificada como xisto azul ao microscópio. Um evento magmático básico posterior ao metamorfismo regional e tardio ao cisalhamento foi verificado pela presença de um dique de diabásio de granulação grossa, fracamente foliado, encaixado nos mármore.

Tal qual no perfil anterior, a foliação que afeta as rochas é quase sempre milonítica, com intensa transposição tectônica. O cisalhamento tem orientação N67°E, com mergulho intermediário para NW.

5.2 Resguardo de Toribío

Nesta área, foi levantado apenas o Córrego Vichiquí.

5.2.1 Córrego Vichiquí

As rochas que ali ocorrem são clorita xistos bem foliados, de cor verde e abundantes cristais de pirita disseminados. Não raramente as rochas se encontram fortemente fraturadas e, às vezes, muito intemperizadas. Em todo perfil levantado (aproximadamente 2 km) as rochas não apresentam muita variação composicional ou estrutural, tanto nos blocos rolados como no único afloramento encontrado.

A estrutura mais evidente é também uma foliação milonítica intensa, orientada segundo N38°E, com mergulhos fortes no sentido NW.

5.3 Resguardo de San Francisco

Por ser essa a zona mais central da área de ocorrência dos xistos azuis, a maioria das drenagens foi levantada, incluindo os córregos Ellassio, Río Chiquito, Flayó, La Primicia e Quinamayó.

5.3.1 Córrego Ellassio

Os afloramentos e blocos indicam que todas as rochas se encontram intensamente milonitizadas e fortemente foliadas. As rochas são cinza, com tons escuros ou esverdeados. As mais escuras são usualmente xistos muito grafitosos e quartzosos e as demais, são ricas em anfibólio. O intemperismo neste perfil é muito intenso, impossibilitando uma classificação mais precisa de todos litotipos em campo.

Por correlação com os dados obtidos no Córrego Río Chiquito, a orientação da foliação milonítica é predominantemente N12°E, com inclinações fortes para SE.

5.3.2 Córrego Río Chiquito

Neste córrego afloram quase que exclusivamente como blocos rolados, xistos grafitosos cinza-escuros de grã fina. Entretanto, alguns blocos têm tons azulados e prateados, com mica branca abundante e sua mineralogia permite identificá-los como xistos azuis.

Em um único afloramento *in situ*, pôde-se verificar que a foliação milonítica tem direção geral de N12°E, com mergulho forte para SE.

5.3.3 Córrego Flayó

As rochas são cinza-escuras ou esverdeadas, têm sempre granulação fina e apresentam uma marcada foliação milonítica. As rochas cinza-escuras têm maiores conteúdos de grafita, chegando mesmo a formar grafita xistos, e as esverdeadas são compostas por micas brancas e clorita, o que permite classificá-las como micaxistos com clorita milonitizados.

Também estão ocasionalmente presentes metavulcânicas ricas em epidoto, provavelmente

derivadas de rochas básicas intensamente hidrotermalizadas.

Os litotipos em um dos afloramentos deste córrego são separados por um pequeno corpo de metaconglomerado fortemente intemperizado (Foto 5.3), indicando a existência de um nível erosivo na seqüência vulcanossedimentar.

Foto 5.3. Aspecto de um pequeno corpo de metaconglomerado que separa os afloramentos de metapelitos das metavulcânicas.

Neste córrego, assim como nos Córregos La Primicia e Quinamayó do *resguardo* de San Francisco e no Córrego El Asio do *Resguardo* de Jambaló não foi possível medir a atitude da foliação milonítica pela completa ausência de afloramentos *in situ*.

5.3.4 Córrego La Primicia

Nesse córrego predominam xistos grafitosos finos, miloníticos, alguns com grafita abundante e outros com ricos em muscovita e quartzo. De modo geral as rochas são relativamente homogêneas, apresentando apenas variações na granulação.

5.3.5 Córrego Quinamayó

Neste córrego ocorrem xistos grafitosos finos, miloníticos semelhantes aos que afloram no Córrego La Primicia. Estão intensamente orientados por uma forte foliação milonítica e possuem cor cinza-esverdeado a cinza-escuro, sendo os primeiros ricos em anfibólio e clorita, e os demais ricos em grafita.

5.4 Resguardo de Jambaló

Neste *resguardo* foram levantados perfis nos córregos El Asio, Muñoz, Cansa Bobos e Calambaz e na estrada Jambaló–San Francisco. Também foi estudada uma lavra de rochas ultramáficas situada nas proximidades da cidade de Jambaló.

5.4.1 Córrego El Asio

Predominam neste córrego xistos verdes miloníticos de cor verde-escura e grã fina, quase sempre intensamente intemperizadas para materiais argilosos.

Devido à ausência de afloramentos, não foi possível determinar-se a orientação das estruturas geológicas.

5.4.2 Córrego Muñoz

Neste córrego afloram rochas ultramáficas quase que totalmente serpentinizadas, cinza-escuras a pretas, de grã fina e sem uma foliação evidente. Além disso, encontram-se xistos verdes bem foliados de grã fina e xistos azuis com anfibólio azul, quartzo e mica branca.

Nesta parte da área as estruturas miloníticas estão inclinadas moderadamente no sentido NW e orientadas segundo N30°W.

5.4.3 Córrego Cansa Bobos

Predomina neste córrego xistos verdes pouco intemperizados, intensamente milonitizados e com granulação média, permitindo a identificação de anfibólio predominante e plagioclásio em menor proporção (Foto 5.4). Também ocorre um corpo de rochas ultramáficas fortemente serpentinizadas.

Foto 5.4. Afloramento de xistos verdes no córrego Cansa Bobos, intensamente foliados e levemente crenulados. Os leitos mais claros são mais ricos em minerais do grupo do epidoto e os mais escuros em anfibólios.

Neste córrego não foi possível medir a atitude da foliação, pois eles encontram-se muito dobrados e, usualmente, cobertos por água.

5.4.4 Córrego Calambaz

Neste córrego predominam xistos azuis com uma forte foliação milonítica, compostos principalmente por anfibólio e micas e, em alguns afloramentos, estão parcialmente intemperizados. Também se ocorrem xistos verdes de cores claras intensamente milonitizados, compostos principalmente por anfibólio, clorita, micas brancas e quartzo (Foto 5.5).

Foto 5.5. Mica-glaucofânio xisto, com cristais prismáticos de glaucofânio (cinza-azulados) orientados na foliação e tendendo a formar arranjos radiados ou em leque, indicativos de cristalização sin- a tardi-cinemática em relação ao desenvolvimento da foliação milonítica.

A estrutura mais evidente é também uma foliação milonítica intensa, a qual esta orientada segundo N26°E, com mergulhos moderados no sentido NW.

5.4.5 Estrada Jambaló – San Francisco

Na localidade do *sítio La Balastrea* afloram rochas ultramáficas cinza-escuras (Foto 5.6) intensamente fraturadas e fortemente serpentinizadas, especialmente em zonas fraturadas. Nesta estrada foi visitado unicamente este afloramento, pois há uma espessa cobertura vegetal assim como abundantes deslizamentos que impedem o acesso a outras ocorrências deste material.

Foto 5.6. Vista geral do afloramento de rochas metaultramáficas intensamente serpentizadas. O afloramento (131), localizado na porção central da foto, apresenta-se com uma cor esverdeada, produto da intensa serpentinação da rocha ultramáfica.

6 PETROGRAFIA MICROSCÓPICA

Além dos típicos xistos azuis, ocorrem na área de Jambaló outras rochas com restos de glaucofânio, mas as descrições não serão feitas em função da presença de anfibólios sódicos, sendo então feita pela classificação mineralógica–estrutural dos litotipos.

A petrografia microscópica das rochas da região de Jambaló é sumarizada a seguir:

6.1 Mica-glaucofânio xistos e glaucofânio micaxistos

Estes tipos de rochas são encontrados nos Córregos Calambaz e Muñoz, no *Resguardo* de Jambaló, e no Córrego San Diego ou El Barrial e na área de La Calera, no *Resguardo* de Tacueyó.

Muito embora não tenham sido encontradas rochas na fácies xisto azul em outros córregos da área, a associação litotípica permite inferir que os xistos azuis podem ter estado presentes em outros locais sob a forma de lentes preservadas pelo retrometamorfismo na fácies xisto verde, e sua ocorrência principalmente como blocos rolados deve-se à erosão dessas rochas.

Os principais componentes destas rochas são glaucofânio (30–50%), mica branca (10–36%), quartzo (5–12%), epidoto e/ou clinozoisita (acessório a 30%), clorita (acessório a 12%) e carbonato (acessório a 5%). O glaucofânio e a mica apresentam-se em quantidades variáveis, nas quais em algumas amostras há predomínio de glaucofânio sobre a mica e em outras ocorre o inverso. Somente na amostra 123A, o epidoto e/ou clinozoisita predomina sobre a mica, mas não sobre o glaucofânio. Como minerais acessórios (até 5%) ocorrem plagioclásio, opacos (possivelmente pirita e ilmenita), titanita, zircão, granada e, eventualmente, rutilo, apatita e estilpnomelano.

Embora o glaucofânio na sua forma pura não apresente pleocroísmo, nas descrições que se seguem é utilizado esse nome para facilitar a leitura. Assim, pleocroísmo descritos nos anfibólios sódicos, que é devido ao conteúdo de Fe, indicam que o anfibólio pertence à série glaucofânio–riebeckita.

O **glaucofânio** apresenta fórmula pleocróica com X = incolor, Y = lilás e Z = azul-claro e os cristais têm tamanho variando entre 0,25 e 6,6 mm. A maioria dos cristais mais finos são subidioblásticos e os mais grossos tendem a ser xenoblásticos. Em algumas amostras que apresentam cristais prismáticos radiados, observam-se subidioblásticos e, eventualmente, idioblásticos. Há um claro zonamento óptico no anfibólio de quase todas as amostras, com núcleos mais intensamente pleocróicos que as bordas (Foto 6.1). Os núcleos mais pleocróicos contêm maior quantidade de inclusões de quartzo, opacos e, eventualmente, titanita e mica branca (Foto 6.1). Na amostra 129A, o zonamento do anfibólio é o inverso do anteriormente descrito, sendo os núcleos menos pleocróicos que as bordas (Foto 6.2). Nesse caso os núcleos

Foto 6.1. Zonamento de glaucofânio com núcleo mais intensamente pleocróico que a borda. Lado maior da foto 3,20 mm.

Foto 6.2. Zonamento de glaucofânio com núcleo menos pleocróico que a borda. Lado maior da foto 3,20 mm.

Foto 6.3. Borda de substituição por um outro anfibólio (possível actinolita). Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.4. Substituição de glaucofânio por clorita nas bordas. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.5. Crescimento radiado de glaucofânio na escala macroscópica.

Foto 6.6. Crescimento radiado de glaucofânio na escala microscópica. Lado maior da foto 10,20 mm.

Todas as fotos microscópicas obtidas com polarizadores paralelos.

também possuem uma maior quantidade de inclusões orientadas de quartzo e opacos, as quais definem uma foliação anterior. As bordas são quase que totalmente límpidas, sugerindo uma maior temperatura de cristalização, e em quase todos os cristais as bordas estão parcialmente substituídas por anfibólio verde-azulado (Foto 6.3). Esse anfibólio tem fórmula pleocróica $X = \text{verde-oliva}$, $Y = \text{amarelo-claro}$ e $Z = \text{verde-oliva claro}$, o que sugere ser actinolita. Em alguns casos observa-se substituição do anfibólio por clorita nos planos de clivagem, em fraturas e nas bordas (Foto 6.4). Os cristais apresentam inclusões de epidoto e/ou clinozoisita, opaco, zircão e, raras vezes, rutilo. A orientação do glaucofânio define uma foliação bem marcada e penetrativa que corresponde à foliação milonítica ($S_{n+1} = S_m$) e, localmente, pode-se ainda observar relíquias da foliação S_n . Arranjos radiados de agregados podem ser observados a escala macroscópica (Foto 6.5) e microscópica (Foto 6.6). Em alguns cristais ocorrem sombras de pressão simétricas e assimétricas, causadas pelo cisalhamento, ou os cristais mostram-se dobrados, definindo arcos poligonais.

A **mica branca** forma cristais variando de 0,05 a 0,30 mm de comprimento, geralmente subidioblásticos e orientados na foliação S_{n+1} , que tem formas anastomosadas (Foto 6.7). Muitos leitos quartzosos são enriquecidos em mica e nas amostras com matriz rica em epidoto e/ou clinozoisita, os cristais de mica estão isolados. A associação da mica com o quartzo pode representar, em alguns casos, vênulas deformadas. Eventualmente ocorrem também em sombras de pressão de cristais de glaucofânio, juntamente com quartzo mais grosso, e em alguns grãos estão presentes inclusões de glaucofânio. Ópticamente esta mica parece ser representada por fengita e/ou muscovita.

O **quartzo** apresenta-se como cristais com granulação variando de 0,05 a 0,65 mm, geralmente disseminados na lâmina e, em algumas porções, formando delgadas lâminas. Também ocorre incluso em carbonato, clorita e mica branca, ou em glaucofânio em sombras de pressão, como na lâmina 129A. Geralmente constitui cristais xenoblásticos com extinção ondulante, mas em algumas porções nota-se desenvolvimento de textura poligonal e, às vezes, contatos tríplexes a 120° (Foto 6.8).

O **epidoto** e/ou **clinozoisita** apresentam-se como cristais disseminados na rocha que variam de 0,05 a 0,20 mm de comprimento. São na sua maioria xenoblásticos, mas em algumas lâminas podem ocorrer como cristais subidioblásticos e, mais raramente, idoblásticos. Apresentam-se quase sempre orientados segundo a foliação S_{n+1} ou compõem a matriz de algumas rochas, possivelmente com forte hidrotermalismo (Foto 6.9).

A **clorita** constitui cristais disseminados na lâmina, geralmente xenoblásticos e subidioblásticos, ou são produto da substituição parcial ou total de outros minerais, notadamente do glaucofânio (Foto 6.10), onde se concentra nas bordas, planos de clivagem e fraturas. Quando forma pseudomorfos, os cristais variam de 0,1 a 0,9 mm e os grãos orientam-se preferencialmente na S_{n+1} , mas na lâmina 124J encontram-se rosetas deste mineral, indicando cristalização em

regime estático também.

Foto 6.7. Foliação definida pelas micas anastomosadas. Lado maior da foto 3,20 mm.

Foto 6.8. Desenvolvimento de textura poligonal em quartzo e contatos triplos a $\sim 120^\circ$. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.9. Epidoto-clinozoisita na foliação e como matriz da rocha. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.10. Clorita como substituição parcial de glaucofânio. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.11. Carbonato com lamelas de deformação. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.12. Plagioclásio com geminação de tipo albita. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.10 obtida com polarizadores paralelos e 6.7, 6.8, 6.9, 6.11 e 6.12 com polarizadores cruzados.

O **carbonato** se apresenta como cristais que variam entre 0,2 e 0,6 mm e suas formas xenoblásticas sugerem preenchimento de cavidades, mas, em alguns grãos de glaucofânio ocorrem como inclusões. Não raramente apresentam lamelas de deformação (Foto 6.11) e, em função de seu caráter uniaxial negativo, é possível que correspondam predominantemente à calcita, mas não se descarta a possibilidade da presença de aragonita, pois alguns grãos são biaxiais. Entretanto a granulação muito fina não permite a determinação de seu sinal óptico para uma identificação segura.

Os grãos de **plagioclásio** em geral não ultrapassam 0,3 mm de comprimento, são subidioblásticos e xenoblásticos, normalmente estão associados com quartzo e sempre acompanham a foliação milonítica. Observa-se geminação de tipo albita (Foto 6.12) e albita-carlsbad, sendo sua composição fundamentalmente albita (An_{2-5}), muito embora alguns grãos apresentem composição que alcança oligoclásio (An_{16}).

Os **minerais opacos** estão disseminados por toda rocha, variando de 0,01 a 1,50 mm de diâmetro, mas podem formar, localmente, porfiroblastos. A maioria constitui cristais xenoblásticos e, subordinadamente, subidioblásticos e idioblásticos. Alguns cristais idioblásticos apresentam secções quadradas e losangulares, que sugere tratar-se de pirita e, possivelmente, magnetita (Foto 6.13). Também se encontram acumulações que formam delgadas faixas que acompanham a foliação S_{n+1} e alguns grãos mais grossos apresentam sombras de pressão assimétricas, com quartzo, calcita, clorita e mica. Na amostra 123A, podem apresentar substituição por rutilo nas bordas e este, possivelmente, por leucoxênio, razão pela qual é possível que parte dos opacos presentes na rocha sejam de ilmenita ou titano-magnetita.

A **titanita** apresenta-se como cristais subidioblásticos e, em menor proporção, idioblásticos, com dimensões variando de 0,025 a 0,075 mm. Constituem agregados ou “fitas” que seguem a foliação. Às vezes titanita ocorre inclusa no glaucofânio, se associando preferencialmente aos planos da clivagem.

O **rutilo** e o **zircão** ocorrem como pequenos cristais disseminados pela lâmina, de máximo 0,05 mm de comprimento. São na sua maioria prismas alongados idioblásticos e, por vezes, ocorrem inclusos em glaucofânio.

A **granada** ocorre apenas nas amostras 124J e 121B, nas quais a granulação varia, respectivamente, de 0,2 a 0,4 mm e de 1,6 a 2,6 mm. São cristais, na sua maioria, subidioblásticos, por vezes com bordas muito bem definidas (Foto 6.14), mas quando em contato com glaucofânio, apresentam uma pequena borda substituída por clorita.

A **apatita** foi encontrada apenas esporadicamente nas amostras 123A e 121B. Na amostra 123A os grãos têm 0,35 mm de comprimento e são xenoblásticos e na 121B são xenoblásticos e estão disseminados ou podem estar concentrados em porções enriquecidas em quartzo.

Foto 6.13. Minerais opacos subidioblásticos disseminados. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.14. Granada poiquiloblástica com bordas bem definidas. Lado maior da foto 10,20 mm.

Foto 6.15. Estilpnomelano alongado seguindo a foliação principal da rocha. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.16. Albita em disequilíbrio com clorita. Lado maior da foto 10,20 mm.

Foto 6.17. Padrão de inclusões em albita e clorita. Lado maior da foto 3,20 mm.

Foto 6.18. Orientação das inclusões na foliação e no dobramento. Lado maior da foto 10,20 mm.

Fotos 6.13, 6.15, 6.17 e 6.18 obtidas com polarizadores paralelos e 6.14 e 6.16 com polarizadores cruzados.

Em algumas amostras, como na 121B, ocorre **estilpnomelano** em conteúdo máximo de 3% em volume. Geralmente se apresenta como cristais parcialmente substituídos por clorita alongados na foliação S_{n+1} (Foto 6.15). Em alguns dos casos foi observado também nas bordas de cristais de glaucofânio.

Texturalmente as rochas apresentam-se lepidó-nematoblásticas ou nemato-lepidoblásticas, dependendo da proporção de micas ou anfibólios. Textura porfiroblástica definida por anfibólios é comumente observada, sendo que alguns destes cristais são poiquiloblasticos, com inclusões de opacos, micas, carbonato, quartzo e, eventualmente, rutilo. Nas amostras com granada, o anfibólio apresenta corrosão com formas de golfo e, ocasionalmente, tem associadas sombras de pressão.

Estas rochas são classificadas como mica-glaucofânio xistos ou glaucofânio micaxistos, dependendo do predomínio de glaucofânio ou mica branca, muito embora, devido à intensa milonitização, todas poderiam ser classificadas como milonitos.

6.2 Clorita-plagioclásio xistos

Rochas como estas, que representam a transição da fácies xisto azul para a fácies xisto verde, foram encontradas em todos os perfis da área de estudo. São produto do metamorfismo retrógrado dos mica-glaucofânio e glaucofânio micaxistos e, tipicamente, têm relíquias de glaucofânio formando finos cristais parcialmente substituídos por anfibólio verde-claro, aparentemente uma actinolita ou clorita. Neste grupo de rochas, inserem-se também as rochas consideradas como transicionais entre as fácies xisto azul e xisto verde, que contêm glaucofânio em pequeno volume.

As rochas que compõem este grupo apresentam uma mineralogia semelhante àquelas descritas para os mica-glaucofânio xistos e glaucofânio micaxistos, diferenciando-se apenas pelos conteúdos de glaucofânio e de, possivelmente, actinolita. Nestas amostras o glaucofânio apresenta-se substituído de parcial a totalmente pelo anfibólio cálcico e/ou por clorita. Uma descrição mais detalhada deste litotipo é apresentada a seguir:

As amostras apresentam conteúdos de plagioclásio (44–68%), clorita (8–35%), quartzo (acessório a 17%), mica branca (2–15%), minerais opacos (acessório a 13%), epidoto e/ou clinozoisita (1–8%), zoisita (acessório a 8%), biotita (acessório a 4%), titanita (1–3%), carbonato (acessório a 3%), anfibólio (acessório a 3%), apatita (acessório) e zircão (acessório).

Eventualmente observam-se restos de glaucofânio, como na lâmina 125M, e granada nas amostras 107B e 118A. Excepcionalmente, a amostra 124C apresenta conteúdo de anfibólio de 64% e plagioclásio de 30% em volume, sendo classificada como plagioclásio-anfibólio xisto.

O **plagioclásio** apresenta-se como grãos que variam de 0,2 a 2,8 mm, sempre xenoblásticos e com os contatos entre os grãos suturados ou lobados. As bordas da maioria dos

grãos exibem texturas de desequilíbrio metamórfico, com clorita associada (Foto 6.16). Usualmente os grãos apresentam grande quantidade de inclusões, principalmente de minerais opacos (Foto 6.17) e, eventualmente, de quartzo e mica branca. Estas inclusões estão orientadas segundo a foliação S_n , assim como em estruturas dobradas que definem a foliação S_{n+1} (Foto 6.18). Acompanhando as dobras, observam-se grãos de plagioclásio sem qualquer tipo de fratura, indicando que a deformação se deu pós- S_n ou até mesmo S_{n+1} e em temperatura compatível com as do regime dúctil (Foto 6.19), principalmente na lâmina 117E. Na lâmina 117A foi encontrada uma inclusão de zoisita em plagioclásio. Ocasionalmente o plagioclásio apresenta geminação polissintética e, de modo geral, arranja-se em textura granoblástica e está concentrado em leitos orientados paralelamente à foliação S_{n+1} (Foto 6.20). O plagioclásio foi classificado como albita por difração de raios X, embora este não seja o método mais apropriado para classificar este mineral.

A **clorita** ocorre intersticialmente aos demais minerais (Foto 6.17) e, localmente, concentra-se em leitos concordantes à foliação milonítica. Nessas porções definem uma incipiente textura lepidoblástica. As inclusões de opacos observados na clorita mostram continuidade com as do plagioclásio, indicando que este último tem sua formação após a cristalização da clorita. A clorita neste litotipo é principalmente produto de substituição do glaucofânio, mas também é observada como um produto de cristalização a partir, possivelmente, fluidos hidrotermais, gerados após ou durante a milonitização, como indicado pela presença de rosetas deste mineral.

O **quartzo** concentra-se em delgados leitos ou lente orientados paralelamente à foliação e formam grãos xenoblásticos com forte extinção ondulante (Foto 6.21). Também se apresenta incluso no plagioclásio.

A **mica branca** foi determinada com paragonita por difração de raios X. Encontra-se em muito pouca quantidade e, geralmente, constitui agregados de pequenos grãos, por vezes intercrescidos com clorita. Alguns grãos levemente dobrados podem ser subidioblásticos e podem acompanhar a foliação S_{n+1} (Foto 6.22).

Os **minerais opacos** apresentam-se como grãos de no máximo 0,2 mm de diâmetro, sendo a maioria deles xenoblásticos e, eventualmente, subidioblásticos. Apresentam-se tanto disseminados como orientados segundo a foliação milonítica, sendo que esta última por vezes esta dobrada (Foto 6.23). Em algumas porções das lâminas definem bandas, ou ocorrem inclusos no plagioclásio e na clorita e, eventualmente, em carbonato.

O **epidoto** e/ou **clinozoisita** constituem grãos que variam de 0,03 a 0,70 mm, a maioria deles xenoblásticos a subidioblásticos. Em muitas das amostras estes minerais encontram-se disseminados na rocha (Foto 6.24) e na lâmina 114 ocorrem também cristais prismáticos de clinozoisita dobrados.

A **zoisita** apresenta-se em quantidade muito reduzida e forma cristais idioblásticos a subidioblásticos que variam de 0,05 a 0,90 mm, quase sempre inclusos em plagioclásio (Foto 6.25).

Foto 6.19. Dobramento de albite. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.20. Albite definindo a textura granoblástica e a foliação da rocha. Lado maior da foto 10,20 mm.

Foto 6.21. Banda de quartzo com extinção ondulante. Lado maior da foto 10,20 mm.

Foto 6.22. Cristais de mica acompanhando a foliação. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.23. Minerais opacos orientados segundo a foliação e o dobramento. Lado maior da foto 10,20 mm.

Foto 6.24. Epidoto-clinozoisita disseminado na rocha. Lado maior da foto 10,20 mm.

Foto 6.23 obtida com polarizadores paralelos e 6.19, 6.20, 6.21, 6.22 e 6.24 com polarizadores cruzados.

6.25 **6.26** **6.27** **6.28** **6.29** **6.30**

Foto 6.25. Inclusão de zoisita em albita. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.26. “Bandas” de biotita que acompanham a foliação. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.27. Cristais prismáticos de anfibólio. Lado maior da foto 3,20 mm.

Foto 6.28. Glaucofânio em clorita-plagioclásio xisto. Lado maior da foto 3,20 mm.

Foto 6.29. Granada com substituição total por clorita. Pseudomorfo. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.30. Granada com substituição total por clorita. Pseudomorfo. Lado maior da foto 1,30 mm.

Fotos **6.26**, **6.27**, **6.28** e **6.30** obtidas com polarizadores paralelos e **6.25** e **6.29** com polarizadores cruzados.

A **biotita** agrupa-se em pequenos leitos (Foto 6.26) concordantes à foliação milonítica, ou constituem pequenos grãos xenoblásticos disseminados e/ou acumulados nas porções onde o quartzo é mais abundante. Quase sempre tem clorita associada.

A **titanita** ocorre como grãos xenoblásticos de no máximo 0,15 mm de comprimento, disseminados e orientados na foliação milonítica, ou como produto da substituição de grãos de opacos mais grossos, nas bordas e fraturas. Neste caso a substituição pode ser parcial ou total.

A **calcita** ocorre principalmente na amostra 117E, como cristais de no máximo 0,6 mm de diâmetro, xenoblásticos a subidioblásticos e, na maioria das vezes, intersticial aos grãos de plagioclásio. Alguns dos grãos apresentam inclusões de minerais opacos e clorita, ou apresentam lamelas de deformação, algumas das quais levemente dobradas.

O **anfíbólio** (actinolita) apresenta-se em grãos de no máximo 0,4 mm de comprimento. Possui pleocroísmo que varia de verde-amarelado a amarelo muito claro e, às vezes, constitui pequenos glomeroblastos, nos quais não se diferenciam claramente os grãos. Também se apresentam alguns cristais prismáticos (Foto 6.27) e, eventualmente, aciculares. Em alguns dos grãos é possível observar-se um fraco zonamento, no qual o núcleo apresenta pleocroísmo mais forte que as bordas, mas esta característica não é comum a todos os grãos. Também apresentam substituição por clorita. Geralmente o anfíbólio define a foliação e a textura nematoblástica da rocha, principalmente na lâmina 124C.

A **apatita** apresenta-se como cristais de no máximo 0,1 mm, idioblásticos a subidioblásticos, eventualmente com secções hexagonais ou retangulares. A maioria dos grãos encontra-se incluso no plagioclásio.

O **zircão** constitui finos cristais subidioblásticos e idioblásticos incluso nos grãos de plagioclásio ou disseminado na lâmina.

Glaucofânio foi encontrado unicamente na lâmina 125M (Foto 6.28). Apresenta fórmula pleocróica X = incolor, Y = lilás e Z = azul-claro e os grãos variam de 0,05 a 0,85 mm, sendo geralmente subidioblásticos. Apresentam zonamento composicional muito fraco, com núcleos mais intensamente pleocróicos que as bordas. Nas bordas observa-se substituição por clorita, mas quando são observados em cortes basais, aparentam ser substituídos também por outro anfíbólio. Poucos cristais apresentam inclusões, mas podem ser notadas algumas de minerais opacos e, mais raramente, de epidoto e/ou clinozoisita. Geralmente os cristais de glaucofânio se orientam segundo a foliação principal S_{n+1} e, às vezes definindo textura nematoblástica.

Granada foi encontrada somente nas lâminas 107B e 118A, onde formam cristais de 0,1 a 0,5 mm de diâmetro, muitos deles subidioblásticos e, em muitos dos casos, mostram substituição parcial nas fraturas e nas bordas, a total, por clorita (Fotos 6.29 e 6.30), por vezes restando apenas pequenos grãos em meio a uma massa de clorita.

Texturalmente estas rochas são bem foliadas e essa foliação está também dobrada, sendo que algumas porções das rochas são tipicamente lepido-granoblásticas, devido à associação do

plagioclásio com a clorita. Na lâmina 117A a foliação e as dobras são bem observadas em leitos de plagioclásio, minerais opacos, clorita e mica branca, mas no geral todos os minerais apresentam-se orientados segundo a foliação mais intensa da rocha (S_{n+1}), que é milonítica. Essas foliações orientam o quartzo, o plagioclásio, o anfibólio, a mica e a clorita, gerando nas rochas texturas granoblástica, lepidoblástica, em menor proporção nematoblástica e a combinação de todas as texturas. A foliação milonítica destrói praticamente todas as outras foliações, mas ainda são preservados relíquias de xistossidades pretéritas, indicada por inclusões dobradas em grãos de glaucofânio e arcos poligonais mal preservados. Deformações superimpostas resultaram, comumente, em extinção ondulante no anfibólio. Também é possível observar alguns grãos de glaucofânio que não acompanham a foliação e que apresentam sombras de pressão assimétricas.

Como texturas particulares observam-se bordas de reação de clorita em anfibólio, de titanita em opacos, cristais de clorita e muscovita intercrescidos e dobrados, assim como uma marcada extinção ondulante em quartzo. Na lâmina 124C ocorre uma foliação forte e textura nematoblástica, com o anfibólio orientado segundo a S_n dobrada, e uma S_{n+1} parcialmente crenulada, sem a cristalização de novos minerais.

6.3 Mármore

Os mármore afloram na área de *La Calera*, no *Resguardo* de Tacueyó, onde atualmente há uma lavra ativa, e no Córrego Elasio, no *Resguardo* de San Francisco, onde ocorrem como blocos rolados.

Desses litotipos foi feita apenas uma lâmina da amostra 123B, que corresponde a um leito silicático no mármore, escolhido para observação de minerais com maior interesse petrogenético. Este leito é composto por carbonatos, epidoto e/ou clinozoisita, quartzo, talco, apatita, opacos, clorita, rutilo e titanita.

O **carbonato** ocorre como grãos xenoblásticos com tamanhos que variam de 0,2 a 1,8 mm, muito embora, em geral, a rocha seja mais equigranular (Foto 6.31). Geralmente os cristais analisados são uniaxiais negativos, mas em alguns mais deformados são biaxiais com $2V < 10^\circ$, características essas que podem ser devidas à deformação ou a preservação parcial de aragonita. Em algumas partes da rocha o carbonato define uma textura granoblástica, com contatos retos ou interlobados, devido à migração dos limites dos grãos durante a deformação. Em algumas das junções tríplices ocorrem cristais de quartzo mais finos e talco pode ocorrer no plano de contato entre dois grãos. Comumente apresentam lamelas de geminação.

Epidoto e/ou **clinozoisita** constituem grãos com tamanhos que variam entre 0,05 e 0,50 mm, sendo, mais comumente, a clinozoisita subidioblástica e o epidoto xenoblástico. Geralmente estes minerais constituem agregados, juntamente com talco, em algumas porções da rocha, onde

definem a foliação (Foto 6.31).

Foto 6.31. Epidoto-clinozoisita definindo a foliação com a mica e carbonato. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.32. Clorita com minerais opacos nos planos de clivagem. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.33. Plagioclásio fortemente deformado. Associação com mica, quartzo e minerais opacos. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.34. Estilpnomelano em crenulação associado à mica e clorita. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.35. Glaucofânio com substituição por clorita e anfibólio fibroso. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.36*. Granada com inclusões de quartzo conservando foliação pretérita. Lado maior da foto 3,20 mm.

Fotos 6.32 e 6.35 obtidas com polarizadores paralelos e 6.31, 6.33, 6.34 e 6.36 com polarizadores cruzados.

*Placa Λ.

O **quartzo** forma grãos xenoblásticos com 0,1 a 1,0 mm, disseminados ou concentrados junto com o carbonato, sugerindo que a sílica foi introduzida por fluidos hidrotermais, ou seja, podem representar vênulas e veios de quartzo deformados. Também se apresenta como pequenos agregados lenticulares com textura granoblástica, ou como delgados leitos concordantes com a foliação milonítica, especialmente onde se concentram epidoto-clinozoisita e talco, o que sugere infiltração hidrotermal-metassomática. Em geral os grãos mostram-se deformados, com extinção ondulante.

O **talco** ocorre como cristais que variam de 0,05 e 1,00 mm, geralmente subidioblásticos e orientados na foliação, juntamente com epidoto e/ou clinozoisita (Foto 6.31) e, às vezes, quartzo. Arranjam-se em textura decussada discreta quando disseminados.

Raros grãos de **apatita** foram encontrados, sempre com formas arredondadas e, às vezes, xenoblásticos e disseminados pela lâmina, principalmente na porção da rocha na qual se concentram os minerais silicáticos.

A **clorita** distribui-se intersticialmente entre os demais minerais, mas também ocorre como pseudomorfos, possivelmente de biotita. Apresenta um pleocroísmo intenso, variando de verde-escuro a incolor. Em algumas porções da rocha os cristais podem ser subidioblásticos, estarem intercrescidos com talco e conterem inclusões de quartzo e, às vezes, rutilo. Em alguns planos da clivagem apresentam-se concentrações de minerais opacos (Foto 6.32), sugerindo derivação por substituição retrometamórfica de biotita.

Os **minerais opacos** concentram-se nos planos da clivagem de pseudomorfos de clorita ou ocorrem como pequenas acumulações de grãos muito finos disseminadas na lâmina (Foto 6.32).

O **rutilo** forma cristais de no máximo 0,1 mm de comprimento, possuem hábito idioblástico acicular ou prismático, por vezes em arranjos radiados, inclusos na clorita, o que indica que os fluidos retrometamórficos foram relativamente oxidantes.

A **titanita** apresenta-se como grãos em geral subidioblásticos que variam de 0,1 a 0,3 mm de comprimento, distribuídos nos planos da foliação milonítica e associada a leitos ricos em epidoto e/ou clinozoisita e o talco.

Texturalmente a rocha é predominantemente granoblástica nas porções compostas por carbonato e nos leitos onde se concentra talco e epidoto-clinozoisita, apresenta texturas lepidonematoblástica e nemato-lepidoblástica, dependendo do predomínio de epidoto e/ou clinozoisita ou talco. Localmente encontram-se lamelas de deformação e planos de clivagem dobrados em carbonatos e extinção ondulante do quartzo.

6.4 Quartzitos milonitizados

Estas rochas foram encontradas apenas no Córrego La Primicia, no *Resguardo* de San

Francisco.

Amostras analisadas (118D e 118) correspondem a quartzitos micáceos com conteúdos variáveis de minerais acessórios. A amostra 118D é composta por quartzo (76%), mica branca (16%), opacos (4%), plagioclásio (2%), clinozoisita (1%) e clorita (1%), e a 118 é constituída por quartzo (63%), mica branca (25%), clorita (5%), glaucofânio (3%), clinozoisita (2%), zoisita (~0,6%), estilpnomelano (~0,5%), granada (~0,5%) e minerais opacos (~0,4%).

Na lâmina 118D o tamanho dos grãos de **quartzo** varia entre 0,025 e 0,750 mm e usualmente tendem a ser equigranulares. Os cristais são xenoblásticos com contatos suturados (Foto 6.33) ou interlobados e sempre apresentam extinção ondulante e alongamento paralelo à foliação milonítica. Leitões de grã mais fina ou mais grossa são separados por leitões de mica e minerais opacos. As zonas de granulação fina associam-se aos planos de cisalhamento mais intenso, onde a recrystalização dos grãos foi mais forte, resultando em texturas interlobadas e de migração de limites de grãos mais evidentes.

A **mica branca**, possivelmente muscovita e/ou fengita, apresenta-se como cristais subidioblásticos que variam de 0,10 a 0,85 mm, que tendem a conferir à rocha uma textura lepidoblástica local (Foto 6.33). Nas porções mais quartzosas a mica apresenta textura decussada e em algumas áreas de maior concentração notam-se ainda relíquias da foliação S_n dobrada.

Os **minerais opacos** constituem pequenos grãos que acompanham a foliação nas partes onde é maior a concentração de mica e também se associam ao plagioclásio, concentrando-se nas suas bordas ou no interior dos grãos (Foto 6.33).

O **plagioclásio** apresenta-se como porfiroblastos xenoblásticos fortemente deformados (Foto 6.33) e estirados, paralelizados à foliação S_n , juntamente com a mica. Apresenta grande quantidade de inclusões de minerais, principalmente de opacos, que estão orientadas segundo a foliação milonítica. Em menor volume ocorrem inclusões de mica, quartzo e clinozoisita.

A **clinozoisita** constitui grãos subidioblásticos de no máximo 0,1 mm de comprimento, distribuídos nas porções onde se concentra a mica, ou ocorre como inclusões no plagioclásio e nos contatos entre os grãos de quartzo.

A **clorita** distribui-se de modo análogo ao verificado com a mica branca, com a qual se associa.

Texturalmente a rocha é granoblástica, com porções lepidoblásticas e lepidogranoblásticas, e foi afetada por intenso cisalhamento. Localmente a foliação está dobrada, definindo uma S_{n+1} .

Na lâmina 118 os grãos de **quartzo** variam de 0,1 a 1,0 mm, sendo a maioria deles xenoblásticos e com uma marcada extinção ondulante. Definem a foliação da rocha quando estirados, mas também se arranjam em texturas granoblásticas. Apresentam-se também como inclusão em glaucofânio e granada.

A **mica branca** ocorre como grãos subidioblásticos de 0,1 a 0,9 mm de comprimento, em

arranjos que definem uma textura lepidoblástica, ou lepidogranoblástica quando em porções mais quartzosas. Em algumas partes da rocha, os cristais de mica estão dobrados, indicando a existência de uma foliação metamórfica prévia ao desenvolvimento da foliação milonítica. Também ocorre em uma crenulação S_{n+1} associada à cristalização do estilpnomelano (Foto 6.34). Em algumas partes, a foliação principal está defletida por cristais de glaucofânio e em algumas ocasiões por cristais de granada, indicando que a foliação milonítica é tardia em relação ao desenvolvimento do metamorfismo da fácies xisto azul.

A **clorita** encontra-se no interstício entre outros minerais e parece ser produto da substituição de outro mineral. Também substitui glaucofânio nas bordas e nos planos de clivagem dos cristais.

A **clinozoisita** apresenta-se em grãos xenoblásticos de no máximo 0,3 mm de comprimento e, por vezes, são subidioblásticos. Alguns dos grãos apresentam-se com formas arredondadas e nas porções mais micáceas acompanham a foliação, em agregados ou disseminados. Em alguns grãos de glaucofânio, a clorita o substitui parcialmente nas bordas e eventualmente a substituição é completa, restando somente pseudomorfos de clorita.

O **glaucofânio** apresenta fórmula pleocróica com X = incolor, Y = lilás e Z = azul-claro. O tamanho dos grãos varia de 0,01 a 2,4 mm no corte basal e de 1,0 a 1,4 mm no corte longitudinal e alguns grãos possuem inclusões de quartzo e minerais opacos. Os cristais são na sua maioria xenoblásticos, mas alguns dos cristais são subidioblásticos em cortes basais. A principal diferença do glaucofânio desta rocha com o dos xistos azuis é que nesta rocha ele não apresenta um claro zonamento. Nas bordas, fraturas e planos de clivagem observar-se substituição por clorita e anfibólio fibroso com pleocroísmo verde-claro a incolor (Foto 6.35), possivelmente uma tremolita-actinolita, cuja identificação segura é muito difícil pela sua granulação muito fina. Os cristais menores podem apresentar substituição completa por clorita.

O **estilpnomelano** ocorre sob a forma de pequenos cristais dobrados, sempre associados com as maiores concentrações de mica (Foto 6.34).

A **granada** esta presente esporadicamente, sendo observados apenas alguns grãos de granulação variando de 0,2 a 1,4 mm, geralmente subidioblásticos e com inclusões de quartzo orientadas, que conservam a foliação S_{n-1} pretérita da rocha (Foto 6.36). Apresentam também inclusões de epidoto e/ou clinozoisita e alguns dos porfiroblastos têm associadas sombras de pressão assimétricas e mostram-se rotacionadas, indicando que sua cristalização deu-se no evento cinemático prévio ao que gerou o glaucofânio.

A **zoisita** apresenta-se como cristais idioblásticos disseminados pela rocha, de no máximo 0,3 mm de comprimento.

Os minerais **opacos** são subidioblásticos, finos e estão disseminados.

Texturalmente esta amostra é granoblástica, com porções lepidoblásticas e lepidogranoblásticas. Estruturalmente pode ser identificada uma foliação mais evidente e intensa (S_{n+1})

definida pela orientação do quartzo e das micas, e uma crenulação (S_{n+2}), definida principalmente pela orientação dos cristais de mica branca. A S_n foi identificada apenas na granada, onde apresenta um padrão de inclusões com orientação diferente ao observado na S_{n+1} e S_{n+2} . Observam-se também bordas de reação que formaram clorita e anfibólio verde-claro em glaucofânio, pseudomorfos de clorita derivados do glaucofânio, quartzo com extinção ondulante e micas dobradas ou em textura decussada. Todos esses padrões são indicadores do intenso processo de cisalhamento que, possivelmente, tem relação com a colocação destas rochas em zonas de cavalgamento.

6.5 Epidositos

Este litotipo foi encontrado no Córrego San Diego ou El Barrial, no *Resguardo* de Tacueyó, e no Córrego Río Chiquito, no *Resguardo* de San Francisco.

Originalmente o termo epidosito foi aplicado para rochas caracterizadas por substituições metassomáticas dos minerais ígneos primários por associações granoblásticas (Banerjee *et al.*, 2000). Os dados geológicos de campo e petrográficos sugerem que essas rochas são geradas na base de sistemas hidrotermais e se associam a corpos minérios de sulfetos (Richardson *et al.*, 1987; Schiffman *et al.*, 1987; Bettison-Varga *et al.*, 1992; Nehlig *et al.*, 1994).

Nesse trabalho foi utilizado o nome epidosito para as rochas com conteúdos superiores a 50% de epidoto e/ou clinozoisita, mas é importante ressaltar que as amostras não apresentam texturas blastofíticas ou blastosubofíticas, típicas dos epidositos originados por metassomatismo em fundo oceânico e zonas de *black smokers*.

As amostras analisadas são compostas por epidoto e/ou clinozoisita (50–63%), carbonato (acessório a 11%), minerais opacos (acessório a 20%), anfibólio (acessório a 10%), plagioclásio (10%), clorita (7%), quartzo (3%), pumpellyita (~1–5%), mica (2%) e zircão (acessório).

Epidoto e/ou **clinozoisita** constituem agregados de cristais subidioblásticos e xenoblásticos, definindo uma textura glomeroblástica (Foto 6.37). Os cristais variam entre 0,05 e 0,20 mm, mas podem ser observados cristais de até 0,75 mm, como na lâmina 109A. Algumas porções encontram-se como agregados radiados e, especialmente na lâmina 121C, é possível observar-se que os glomeroblastos estão estirados e definem uma leve foliação (Foto 6.38).

Carbonato foi identificado apenas na lâmina 109A, onde forma massas irregulares preenchendo cavidades ou constitui, localmente, cristais subidioblásticos inclusos em epidoto e/ou clinozoisita. Algumas porções deste mineral podem apresentar lamelas de deformação (Foto 6.39).

Os **minerais opacos** ora definem a foliação, ora constituem grãos xenoblásticos disseminados na amostra, ora se concentram nas bordas de alguns dos glomeroblastos de epidoto e/ou clinozoisita. Observa-se ainda substituição por mineral de cor vermelha intensa nas

bordas, possivelmente leucoxênio e limonita.

Foto 6.37. Glomeroblasto de epidoto-clinozóisita. Lado maior da foto 10,20 mm.

Foto 6.38. Glomeroblasto de epidoto-clinozóisita estirado. Lado maior da foto 1,62 mm.

Foto 6.39. Carbonato com lamelas de deformação. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.40. Cortes basais e longitudinais de anfibólio. Lado maior da foto 0,65 mm.

Foto 6.41. Geminação polissintética em albita. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.42. Pumpellyita radiada. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.40 obtida com polarizadores paralelos e 6.37, 6.38, 6.39, 6.41 e 6.42 com polarizadores cruzados.

O **anfibólio** apresenta variações na fórmula pleocróica, sendo X = incolor a amarelo-claro, Y = Z = verde muito claro a azulado e ângulo $C^{\wedge}Z$ de 17 a 25°, indicando trata-se, possivelmente, de hornblenda sódica. Os grãos são xenoblásticos ou subidioblásticos e, eventualmente exibem um leve zonamento, com os núcleos mais intensamente pleocróicos que as bordas. Muitos dos grãos apresentam bordas de reação, com cristalização de clorita. Os cristais estão na maioria disseminados, mas podem definir uma fraca foliação (Foto 6.40).

O **plagioclásio** tem conteúdo máximo de anortita de 5%, os grãos, a maioria xenoblásticos, variam de 0,2 a 0,4 mm e raramente apresentam geminação polissintética (Foto 6.41) e, eventualmente, albita-carlsbad.

A **clorita** ocorre como mineral intersticial ou substituindo outros minerais, usualmente formando cristais xenoblásticos. Pode também formar algumas acumulações e alguns cristais estão dobrados segundo a fraca foliação S_n , textura essa observada principalmente na amostra 109A.

A **pumpellyita** apresenta-se disseminada e forma cristais idioblásticos aciculares de no máximo 0,15 mm de comprimento e, em algumas porções da lâmina, constituem agregados radiados (Foto 6.42), indicando cristalização sob regime estático.

A **mica branca** constitui grãos que, em geral, variam de 0,15 a 0,35 mm, mas também ocorrem alguns com até 1,5 mm, subidioblásticos e, eventualmente, xenoblásticos. Distribui-se disseminadamente pela rocha e, às vezes, define textura decussada, quando em acumulações granoblásticas de quartzo e plagioclásio. Localmente a mica pode estar dobrada, indicando ter sido também gerada durante o desenvolvimento da foliação S_n .

O **zircão** ocorre como mineral acessório e forma cristais idioblásticos e subidioblásticos disseminados.

6.6 Estilpnomelano-muscovita-albita-anfibólio-quartzo xisto

Este tipo de xisto foi encontrado unicamente no Córrego Río Chiquito, no *Resguardo* de San Francisco, principalmente nos afloramentos 107 e 109. As amostras não apresentam variações notáveis na mineralogia e são compostas por quartzo (35%), anfibólio (20%), plagioclásio (19%), muscovita (13%) e estilpnomelano (7%), além de titanita, epidoto, opacos e apatita (<5% da composição modal), dentre os quais predomina titanita.

O **quartzo** apresenta-se como pequenos cristais xenoblásticos com extinção ondulante arranjados na foliação em textura granoblástica, juntamente com plagioclásio (Foto 6.43). Encontra-se também incluso em plagioclásio

O **anfibólio**, possivelmente uma actinolita, apresenta fórmula pleocróica X = amarelo-claro, Y = Z = verde-azulado, com ângulo $C^{\wedge}Z = 16^\circ$ e com elongação positiva. Os grãos são subidioblásticos prismáticos ou fibrosos e variam de 0,025 a 1,40 mm. Eventualmente observam-

Foto 6.43. Plagioclásio com geminação de tipo albita associado com quartzo. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.44. Anfibólio em textura nematoblástica. Lado maior da foto 3,20 mm.

Foto 6.45. Estilpnomelano em agregados radiados. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.46. Albita como matriz. Lado maior da foto 3,20 mm.

Foto 6.47. Albita como porfiroclastos. Lado maior da foto 10,20 mm.

Foto 6.48. Anfibólio disseminado. Lado maior da foto 1,30 mm.

Fotos 6.44 e 6.45 obtidas com polarizadores paralelos e 6.43, 6.46, 6.47 e 6.48 com polarizadores cruzados.

se alguns grãos xenoblásticos. Apresentam-se orientados definindo uma textura nematoblástica (Foto 6.44).

O **plagioclásio** (An_5) forma cristais de no máximo 0,4 mm, sendo a maioria deles xenoblásticos e, eventualmente, subidioblásticos (Foto 6.43). Apresentam geminação do tipo albita e nos grãos não geminados observa-se uma leve insinuação de extinção concêntrica, indicativa de um fraco zonamento composicional de difícil determinação se é normal ou inverso. Alguns grãos apresentam inclusões de quartzo arredondado.

A **muscovita** apresenta grãos de no máximo 0,3 mm, sendo a maioria deles subidioblásticos e arrançados em textura lepidoblástica, juntamente com o estilpnomelano. Encontra-se também disseminada na rocha, por vezes definindo textura decussada.

O **estilpnomelano** apresenta fórmula pleocróica $X = \text{amarelo-dourado}$, $Y = Z = \text{café-avermelhado}$. Os grãos têm no máximo 1,4 mm de comprimento, são prismáticos ou fibrosos e subidioblásticos e podem constituir agregados radiados (Foto 6.45). Orientam-se preferencialmente ao longo da foliação, onde definem uma textura lepidoblástica. Em algumas porções há substituição por clorita, concentrada principalmente nos planos da clivagem e são comuns intercrescimentos com anfibólio.

A **titanita** apresenta cristais que variam de 0,05 a 0,2 mm, geralmente formando cristais com formas arredondadas ou subidioblásticas e, eventualmente, esqueléticas. Comumente se associa ao epidoto, mas de modo geral encontra-se disseminada e quando há cristais alongados, estes acompanham a foliação.

O **epidoto** possui pleocroísmo intenso, que varia de incolor a amarelo, e forma grãos geralmente xenoblásticos de 0,1 a 0,5 mm, excepcionalmente alcançando 0,8 mm. Encontram-se disseminados pela rocha e, quando estão alongados, acompanham a foliação. Muitas das vezes se concentra nas bordas de cristais de titanita.

Os **minerais opacos** são pouco abundantes e constituem cristais de 0,05 a 0,50 mm, com predomínio dos maiores. A maioria deles são subidioblásticos, mas também ocorrem alguns idioblásticos, e podem estar concentrados em porções mais ricas em quartzo e plagioclásio. É possível observar-se também em alguns cristais sombras de pressão simétricas. Excepcionalmente mostram substituição de titanita e às vezes por leucoxênio nas bordas indicando o avanço do processo de retrometamorfismo.

A **apatita** apresenta-se somente como pequenos cristais xenoblásticos disseminados, às vezes estirado e na foliação.

A rocha apresenta leitos de composições bem diferenciadas, com textura granoblástica, definida pelo quartzo e plagioclásio, lepidoblástica nos leitos onde se concentra muscovita e estilpnomelano, e nematoblástica onde predomina o anfibólio. Observam-se também suaves dobras que insinuam uma fraca crenulação, com cristalização incipiente de estilpnomelano nos planos. Localmente encontram-se sombras de pressão de quartzo e plagioclásio em minerais

opacos, assim como extinção ondulante de quartzo e coronas de reação de titanita em minerais opacos.

6.7 Keratófiros

Este tipo de rochas é encontrado unicamente no Córrego Vichiquí, no *Resguardo* de Toribío.

São rochas compostas por plagioclásio (>90%), anfibólio (~3%), estilpnomelano (~3%), minerais opacos (~2%) e clorita, epidoto e quartzo acessórios.

O **plagioclásio** (An_5) apresenta-se distribuído na matriz (Foto 6.46) e como porfiroclastos (Foto 6.47). Na matriz, os grãos são principalmente xenoblásticos, têm geminação do tipo albita, albita-carlsbad bem desenvolvidas, e eventualmente periclina, e alcançam no máximo 0,5 mm na maior alongação. Mais raramente ocorrem grãos sem geminação e alguns geminados estão dobrados. Os porfiroclastos variam de 1,0 a 2,2 mm e são principalmente xenoblásticos, muito embora alguns grãos subidioblásticos também estejam presentes, e mostram-se bem geminados. Parte dos cristais mais grossos apresentam incipiente substituição por clinozoisita, assim como inclusões de quartzo e anfibólio.

O **anfibólio** possui fórmula pleocróica com X = amarelo muito claro, Y = verde e Z = verde-azulado, com ângulo $C^{\wedge}Z = 18^{\circ}$ e alongação positiva sendo, portanto, identificado como hornblenda. Os cristais têm no máximo 0,15 mm de comprimento, são subidioblásticos e idioblásticos e, em sua maioria apresenta-se no seu corte basal na lâmina, indicado estarem bem orientados pela foliação. Os cristais distribuem-se nos interstícios entre os demais minerais e estão distribuídos aleatoriamente (Foto 6.48). Alguns cristais estão inclusos no plagioclásio.

O **estilpnomelano** apresenta fórmula pleocróica com X = amarelo-dourado, Y = Z = pardo-escuro ou pardo-esverdeado. São cristais subidioblásticos que alcançam no máximo 0,5 mm de comprimento, (Foto 6.49), que ocorrem disseminados pela lâmina e, às vezes, formam agregados radiados de poucos cristais.

Os **minerais opacos** ocorrem em pequenas quantidades, geralmente constituindo agregados irregulares dispersos, às vezes envolvendo grãos ou aglomerados de grãos, principalmente de plagioclásio.

A **clorita** e o **epidoto** encontram-se apenas em vênulas hidrotermais (Foto 6.50), sendo que a **clinozoisita** pode eventualmente, apresentar-se como produto da substituição incipiente no plagioclásio.

O **quartzo** ocorre em pouca quantidade, disseminado ou incluso em alguns cristais de plagioclásio.

Texturalmente as rochas exibem evidências de recristalização, subgrãos de plagioclásio, assim como geminação dobrada, mas este litotipo não apresenta nenhuma foliação metamórfica,

Foto 6.49. Estilpnomelano subidioblástico. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.50. Clorita e epidoto em veio. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.51. Núcleo de piroxênio (Px) em rocha ultramáfica. Associação com serpentina (Srp), clorita (Chl) e anfibólio (Amp) fibroso. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.52. Minerais opacos disseminados em rocha ultramáfica. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 6.53. Sericitização de plagioclásio. Lado maior da foto 1,07 mm.

Foto 6.54. Fratura de plagioclásio preenchida por carbonato. Lado maior da foto 1,07 mm.

Fotos 6.49 e 6.52 obtidas com polarizadores paralelos e 6.50, 6.51, 6.53 e 6.54 com polarizadores cruzados.

o que parece indicar que a transformação do caráter cálcico da rocha deu-se em condições relativamente estáticas, sendo o principal evento sofrido o metassomático.

6.8 Metaultramáficas

As rochas ultramáficas são relativamente pouco freqüentes, tendo sido localizados em dois afloramentos, um perto de Jambaló e outro no Córrego Muñoz. São rochas compostas principalmente por serpentina (70%), minerais opacos (15%), clorita (6%), olivina (5%), piroxênio (3%) e anfibólio (~1%).

A **serpentina** apresenta-se como agregados e veios fibrosos de crisotila e, por vezes placóides (Foto 6.51), de antigorita, em arranjos que definem uma textura *mesh*, com restos de olivina e piroxênio ígneos.

A **olivina** e o **clinopiroxênio** apresentam-se como pequenos núcleos transformados em serpentina e anfibólio respectivamente. Estes núcleos não apresentam características petrográficas que permitam uma identificação mais precisa (Foto 6.51).

O **anfibólio** apresenta-se como pequenos cristais, às vezes fibrosos (Foto 6.51), possivelmente produtos de substituição de piroxênio. Esta anfibólio apresenta um pleocroísmo muito leve que varia de incolor para verde muito claro e um ângulo $C^{\wedge}Z = 17^{\circ}$. Devido ao tamanho reduzido dos cristais não foi possível a obtenção de figuras de interferência mas, suas características ópticas sugerem tratar-se de tremolita.

A **clorita** apresenta-se nos interstícios entre outros minerais ou disseminada (Foto 6.51), sendo em geral os grãos xenoblásticos e, por vezes, subidioblásticos. Apresenta um pleocroísmo muito leve que varia de incolor a verde muito claro. A presença deste mineral pode indicar que o protolito destas metaultramáficas tivesse na sua composição mineralógica original, um pouco de plagioclásio.

Os **minerais opacos** apresentam-se sob a forma de fitas na foliação, disseminados (Foto 6.52), associados à clorita e serpentina e concentrados nas bordas dos núcleos preservados de olivina.

6.9 Quartzo-monzonito

Embora a amostra apresente um importante evento milonítico que pode notar-se na descrição, a rocha é tratada como ígnea para ressaltar o caráter magmático e a composição ainda preservada dela. Este litotipo foi unicamente encontrado no oeste do povoado de Tacueyó e foi feita a descrição de uma lâmina (BLL) a qual é apresentada a seguir:

A rocha é composta por plagioclásio (39%), ortoclásio (36%), quartzo (15%), clorita (7%) e como minerais acessórios apresentam-se muscovita (2%) e apatita + epidoto e/ou clinozoisita + titanita + zircão + opaco + sericita + carbonato (1%).

Foto 6.55. Textura pertítica. Lado maior da foto 1,07 mm.

Foto 6.56. Quartzo com extinção ondulante. Lado maior da foto 1,07 mm.

Foto 6.57. Clorita como produto de substituição de biotita. Lado maior da foto 2,14 mm.

Foto 6.58. Muscovita dobrada. Lado maior da foto 2,14 mm.

Foto 6.59. Zircão idiomórfico. Lado maior da foto 0,49 mm.

Foto 6.60. Zircão idiomórfico. Lado maior da foto 0,49 mm.

Foto 6.60 obtida com polarizadores paralelos e 6.55, 6.56, 6.57, 6.58 e 6.59 com polarizadores cruzados.

O **plagioclásio** (An_{20}) apresenta granulação que varia de 0,4 a 4,0 mm, sendo os cristais xenomórficos e subidiomórficos em menor proporção. Todos os grãos, sem exceção, estão intensamente sericitizados (Foto 6.53). Inclusões de minerais opacos, titanita e apatita são comuns e muitas fraturas apresentam-se preenchidas por carbonato (Foto 6.54).

O **ortoclásio** constitui grãos xenomórficos que variam entre 0,8 e 2,8 mm, localmente são pertíticos (Foto 6.55) e estão parcialmente sericitizados. Alguns grãos têm inclusões de titanita e de minerais opacos.

O **quartzo** varia de 0,5 a 3,1 mm, sempre é xenoblástico e exibe uma forte extinção ondulante (Foto 6.56).

A **clorita** ocorre como grãos usualmente subidiomórficos que variam entre 0,6 e 1,4 mm. Possivelmente é produto da substituição de biotita, pois em alguns dos grãos observam-se restos do pleocroísmo típico da biotita, principalmente em alguns planos de clivagem (Foto 6.57).

A **muscovita** compõe grãos entre 0,6 e 1,8 mm, predominantemente subidiomórficos e, mais raramente, xenomórficos. Alguns grãos mostram-se muito dobrados, quase formando bandas *kink* (Foto 6.58). A **sericita** é encontrada principalmente como substituição de plagioclásio e, às vezes, do ortoclásio.

O **carbonato** apresenta-se unicamente preenchendo fraturas do plagioclásio (Foto 6.59) e eventualmente do ortoclásio.

Apatita, epidoto e/ou clinozoisita, titanita, zircão e minerais opacos apresentam-se xenomórficos e subidiomórficos, mas o zircão também ocorre como cristais idiomórficos (Foto 6.60). A titanita apresenta leve pleocroísmo que varia de tons café-escuro a claro. Nenhum destes minerais ultrapassa os 0,4 mm e o tamanho mínimo encontrado foi dos minerais opacos, os quais chegam a medir 0,05 mm.

Em termos gerais, este litotipo apresenta-se holocristalino, inequigranular seriado, fanerítico e hipidiomórfico. Localmente observam-se texturas pertíticas que podem ser reliquias do protolito.

Um resumo da mineralogia das rochas de Jambaló é apresentado na Tabela 6.1.

Tabela 6.1. Mineralogia dos principais litotipos da área de Jambaló, onde 1 = Mica-glaucofânio ou glaucofânio micaxistos, 2 = Clorita-plagioclásio xistos (xistos verdes), 3 = Mármore, 4 = Quartzitos milonitizados, 5 = Epidositos, 6 = Estilpnomelano-muscovita-albita-anfibólio-quartzo xisto, 7 = Keratófiros, 8 = Metaultramáficas, 9 = Quartzito-monzonito. Proporção dos minerais: ○ Essencial, ● Subordinado (<5%), * albita ou oligoclásio, ^g glaucofânio, só presente na lâmina 125M e [†] granada só presente nas amostras 107B e 118A.

Mineral	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Glaucofânio	○	● ^g		●					
Tremolita								●	
Actinolita	○	○●				○			
Hornblenda					○		●		
Plagioclásio*	●	○		●	○●	○	○		
Mica branca	○	○●	●	○	●				
Muscovita						○			●
Biotita		●							
Quartzo	○	○●	●	○	●	○	●		○
Epidoto e/ou Clinozoisita	○●	○●	●	●	○	●	●		●
Zoisita		○●		●					
Clorita	○●	○	●	○●	○		●	●	○
Carbonato	○●	●	○		○●				●
Titanita	●	●	●			●			●
Rutilo	●		●						
Zircão	●	●			●				●
Granada	●	● [†]		●					
Apatita	●	●	●			●			●
Estilpnomelano	●			●		○	●		
Pumpellyita					●				
Opacos	●	○●	●	●	○●	●	●	●	●
Olivina								○	
Piroxênio								○	
Serpentina								●	
Ortoclásio									○

Um resumo da blastese dos minerais das rochas da área de Jambaló, em relação ao desenvolvimento das foliações metamórficas pode ser observado na Tabela 6.2.

Tabela 6.2. Blastese dos minerais em relação às foliações metamórficas em diferentes litotipos da área de Jambaló, onde XA = xisto azul, XV = xisto verde, Anf = anfibólito, Prh-Pmp = prehnita-pumpellyita, * albita ou oligoclásio.

Mineral	Fácies XA	Fácies XV	Fácies Anf	Fácies Prh-Pmp (?)
Glaucofânio	_____			
Anfibólio		_____		
Plagioclásio*	_____	_____		
Mica branca	_____			
Muscovita	_____			
Biotita		_____		
Quartzo	_____	_____		
Epidoto-clinozoisita		_____		
Zoisita		_____		
Clorita		_____		_____
Carbonato	_____	_____		_____
Titanita	_____	_____		
Rutilo		_____		
Zircão	_____			
Granada	_____			
Apatita	_____			
Estilpnomelano		_____		
Pumpellyita				_____
Opacos	_____	_____		
Serpentina		_____		

7 DESCRIÇÃO DOS PERFIS DA REGIÃO DE BARRAGÁN

Considerando o povoado de Barragán como o centro da área de trabalho. Os perfis foram concentrados em três estradas que saem do povoado ao sul, norte e noroeste e o mapa esquemático da geologia da região de Barragán está no Anexo II e as descrições a seguir:

7.1 Estrada Barragán – Santa Lucía

Neste perfil são observados principalmente metabasitos e metapelitos.

Dentre os metabasitos predominam epidoto-glaucofânio xistos e clorita-lawsonita xistos. Os primeiros são azul-acinzentados e têm granulação muito fina e os demais são verdes, com lâminas brancas com maior concentração de lawsonita (Foto 7.1). Estes dois litotipos estão sempre intemperizados para materiais marrons, formando uma crosta ao redor das amostras, mas são comuns núcleos de rochas frescas.

As relações estruturais entre os dois litotipos não puderam ser esclarecidas, pois os afloramentos são de um ou de outro litotipo, sem que haja continuidade ou contato entre ambos.

Foto 7.1. Afloramento (197) de clorita-lawsonita xisto. Nele observa-se uma rocha com bandas verdes mais ricas em clorita e bandas brancas a alaranjadas, constituídas por quartzo e lawsonita predominantes.

Apesar de irregulares, os planos da foliação tende a orientar-se preferencialmente ao redor de N87°W, com mergulho aproximado de 20°SW.

Os metapelitos possuem cor cinza-escuro e são compostos principalmente por mica, grafita e quartzo. Intercalados ocorrem metassedimentos micáceos cinza-claros, mais quartzosos que os anteriores. Estas rochas apresentam-se orientadas segundo E–W com mergulhos até 40°S.

7.2 Estrada Barragán – Tuluá

Nesta estrada encontram-se principalmente rochas ultramáficas intensamente serpentinizadas (Foto 7.2) e xistos metapelíticos compostos por mica, quartzo e, eventualmente, grafita.

A relação estrutural entre estas duas unidades não pode ser determinada, pois os dois litotipos afloram nos topos de morros separados por pequenos vales. Ambos litotipos estão variavelmente intemperizados, mas corpos de rochas ultramáficas miloníticas frescas, orientadas segundo N55°E e com mergulho forte para SE estão ocasionalmente presentes. Em nenhum dos afloramentos foi possível a identificação de indicadores cinemáticos.

Foto 7.2. Afloramento de rochas ultramáficas intensamente serpentinizadas. As rochas apresentam-se intensamente fraturadas e milonitizadas. As cores verdes correspondem às maiores concentrações de serpentina e as cores marrons-claras a áreas mais intensamente intemperizaas.

7.3 Estrada Barragán – Cumbarco

Neste perfil encontram-se principalmente por retro-eclogitos cinza-escuros, por vezes azulados, compostos principalmente por granada e anfibólio (McCourt & Feininger, 1984; González, 1997). Também estão presentes metassedimentos cinza-escuros constituídos essencialmente por grafita, quartzo e micas, assim como xistos verdes com anfibólio e clorita predominantes. Estes dois litotipos estão variavelmente intemperizados e fraturados (Foto 7.3) e uma grande quantidade de veios de quartzo irregulares, sem nenhuma orientação preferencial, cortam as rochas. Neste perfil a foliação das rochas esta orientada preferencialmente segundo N80°E, com mergulhos fortes para SE.

Foto 7.3. Afloramento (189) de rochas da fácies anfibolito. No afloramento nota-se o intenso intemperismo superficial e a milonitização das rochas.

8 PETROGRAFIA MICROSCÓPICA

Da região de Barragán foram analisadas lâminas de metabasitos, meta-ultramáficas serpentinizadas, serpentinitos, grafita-clorita-muscovita-quartzo xistos, protocataclasitos e grafita-clorita-andaluzita-andesina-granada-muscovita xisto com titanita.

Os metabasitos foram agrupados em dois conjuntos, um deles incluindo os litotipos da fácies xisto azul e o outro da fácies anfibólito, descritos a seguir:

8.1 Rochas na fácies xisto azul

Esses litotipos ocorrem principalmente na estrada Barragán–Santa Lucia e são compostos por anfibólio (22–50%), clorita (15–31%), pumpellyita (14–35%), lawsonita (acessório–10%), epidoto e/ou clinozoisita (acessório–31%), titanita (5–10%), quartzo (1–4%), mica branca (1–3%), minerais opacos (2–4%), plagioclásio (1–4%) e calcita (~1%).

O **anfibólio** é representado exclusivamente pelo glaucofânio, que apresenta fórmula pleocróica segundo $X = \text{incolor}$, $Y = Z = \text{azul-claro}$ e um ângulo $C^\wedge Z = 11^\circ$. A sua granulação varia de 0,1 a 0,45 mm, os cristais são subidioblásticos, eventualmente xenoblásticos e comumente apresentam inclusões finas de titanita. Em algumas das amostras o glaucofânio apresenta-se zonado, com núcleo mais intensamente pleocróico que a borda (Foto 8.1). As bordas de alguns cristais apresentam-se substituídas por finos cristais de um mineral pleocróico esverdeado, possivelmente outro anfibólio, além de clorita.

Em termos gerais o anfibólio define a textura nematoblástica, sendo que a foliação melhor desenvolvida (S_n) eventualmente encontra-se dobrada (Foto 8.2). Na lâmina MC27 Alguns foram observados arcos poligonais e uma crenulação (S_{n+1}) oblíqua pouco desenvolvida, com glaucofânio associado (Foto 8.3), indicando que o início da exumação deu-se ainda na fácies xisto azul. Na amostra 197 o glaucofânio encontra-se somente nas porções de maior concentração de quartzo enquanto nas porções com menor quantidade de quartzo apresenta-se clorita e eventualmente lawsonita.

A **clorita** ocorre como pequenos cristais disseminado pela lâmina, de no máximo 0,2 mm de comprimento, com pleocroísmo amarelo a verde e formas xenoblásticas, mais raramente subidioblásticas (Foto 8.4). Às vezes este mineral é observado nas bordas dos anfibólios e, comumente, apresenta inclusões de titanita. Junto ao glaucofânio arranjam-se em textura lepidonematoblástica, muitas vezes encontrando-se dobrada. Em algumas amostras associa-se à lawsonita, definindo uma textura nemato-lepidoblástica, como na amostra 197A. Em outros casos encontra-se em desequilíbrio (Foto 8.5), ou em paragênese com a lawsonita (Foto 8.6).

Foto 8.1. Glaucofânio com núcleo mais intensamente pleocróico que a borda. Lado maior da foto 0,65 mm.

Foto 8.2. Textura nematoblástica dobrada. Lado maior da foto 2,14 mm.

Foto 8.3. Crenulação S_{n+1} oblíqua à foliação S_n com cristalização de glaucofânio. Lado maior da foto 2,14 mm.

Foto 8.4. Clorita (Chl) xenoblástica e subidioblástica. Lado maior da foto 0,49 mm.

Foto 8.5. Clorita (Chl) e lawsonita (Lws) em desequilíbrio. Lado maior da foto 0,63 mm.

Foto 8.6. Clorita (Chl) e lawsonita (Lws) em paragênese. Lado maior da foto 1,30 mm.

Fotos 8.1, 8.2, 8.5 e 8.6 obtidas com polarizadores paralelos e 8.3 e 8.4 com polarizadores cruzados.

A **pumpellyita** está presente apenas em algumas das amostras dos afloramentos 196 e 199. Os cristais variam de 0,1 a 0,4 mm e são, na maioria dos casos, subidioblásticos e, eventualmente, idioblásticos. Em quase todas as amostras o mineral encontra-se em arranjos orientados, definindo a textura nematoblástica (Foto 8.7), juntamente com o glaucofânio, mas na amostra MC27 distribui-se aleatoriamente em algumas porções. O pleocroísmo varia de incolor a verde-pálido e, às vezes, o mineral apresenta inclusões de titanita.

Da mesma forma que a pumpellyita, a **lawsonita** de distribuição generalizada, ocorrendo principalmente nas amostras do afloramento 197. Os cristais têm dimensões variando entre 0,04 e 0,50 mm sendo mais comumente subidioblásticos e mais raramente, idioblásticos (Foto 8.8). Apresentam um leve pleocroísmo em tons de azul muito claro e incolor. Normalmente a lawsonita está orientada e, juntamente com a clorita, definem uma textura nemato-lepidoblástica, localmente dobrada, ou encontram-se disseminados. Os cristais podem apresentar bordas de reação gerando clorita e em alguns dos cristais é clara a presença de uma foliação S_i (Foto 8.9) dobrada e paralela com a S_e , indicando cristalização pós-cinemática. Geminação lamelar (Foto 8.10) é observada em alguns cristais.

Epidoto e/ou **clinozoisita** estão presentes na maioria das amostras da fácies xisto azul e em algumas amostras apresentam um pleocroísmo que varia de incolor a amarelo-claro ou zonamentos na cor e no pleocroísmo, mais intenso nos núcleos que nas bordas (Fotos 8.11 e 8.12). Os grãos são xenoblásticos, às vezes subidioblástico e sua granulação varia de 0,05 e 0,20 mm. Inclusões de quartzo são comuns e, no geral, este mineral ocorre ora disseminado ora acompanhando a foliação S_n , definindo a textura nematoblástica, juntamente com glaucofânio e/ou pumpellyita.

A **titanita** se apresenta em grãos que variam de 0,03 a 0,10 mm de comprimento, são subidioblásticos e, menos comumente xenoblásticos a idioblásticos. Geralmente distribuem-se disseminadamente e orientados na foliação (Foto 8.13), ou como inclusões, principalmente em lawsonita, clorita, glaucofânio e pumpellyita.

O **quartzo** é acessório, sendo que as maiores concentrações (~10%) são observadas nas amostras com lawsonita. Os grãos não ultrapassam 0,1 mm, são sempre xenoblásticos e exibem extinção ondulante ou, eventualmente, reta (Foto 8.14). Em algumas porções da lâmina constituem agregados com textura poligonal.

A **mica branca** não é comum nas rochas da fácies xisto azul, mas quando presente os grãos variam entre 0,05 e 0,120 mm, sendo xenoblásticos e subidioblásticos (Foto 8.15). Quase sempre se apresenta disseminado e somente em partes da lâmina MC27 acompanha a foliação e define uma fraca textura lepidoblástica.

Foto 8.7. Pumpellyita (Pmp) em textura nematoblástica junto ao glaucofânio (Gln). Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 8.8. Cristais subidioblásticos e idioblásticos de lawsonita (Lws). Lado maior da foto 3,20 mm.

Foto 8.9. Foliação S, definida pelas inclusões de titanita em lawsonita. Lado maior da foto 2,60 mm.

Foto 8.10. Geminação lamelar em lawsonita. Lado maior da foto 0,65 mm.

Foto 8.11. Epidoto (Ep) zonado, evidenciado na variação da cor. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 8.12. Epidoto (Ep) zonado, evidenciado na variação da birrefringência. Lado maior da foto 1,30 mm.

Fotos 8.7, 8.9 e 8.11 obtidas com polarizadores paralelos e 8.8, 8.10 e 8.12 com polarizadores cruzados.

Foto 8.13. Titanita disseminada e acompanhando a foliação. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 8.14. Quartzo com extinção plana. Lado maior da foto 1,30 mm.

Foto 8.15. Mica branca (Wm) junto ao glaucofânio (Gln), epidoto e opacos. Lado maior da foto 0,49 mm.

Foto 8.16. Pirita parcialmente oxidada. Lado maior da foto 0,65 mm.

Foto 8.17. Grãos de plagioclásio (Pl) com geminação de tipo albita. Lado maior da foto 0,49 mm.

Foto 8.18. Calcita (Cal) xenoblástica intersticial. Lado maior da foto 0,49 mm.

Fotos 8.13, 8.15 e 8.16 obtidas com polarizadores paralelos e 8.14, 8.17 e 8.18 com polarizadores cruzados.

Os **minerais opacos** ocorrem disseminados e são representados predominantemente pela ilmenita, magnetita e pirita (Foto 8.16), que formam cristais subidioblásticos e idioblásticos que alcançam até 0,5 mm. Frequentemente a ilmenita foi parcialmente substituída por leucoxênio e, comumente, a magnetita e a pirita mostram-se intemperizados para hidróxidos de ferro.

O **plagioclásio** ($\sim\text{An}_{10}$) se encontra unicamente nas amostras 196D, 196E e MC27. Os grãos variam de 0,05 a 0,150 mm e são, na maioria dos casos, subidioblásticos ou xenoblásticos. Normalmente apresenta-se disseminados na rocha, mas na amostra MC27 observa-se num pequeno veio de plagioclásio, indicando a existência de metassomatismo sódico. Alguns dos grãos apresentam zonamento concêntrico, indicando variações na no teor de anortita, mas devido às suas formas e à ausência de geminação, não foi possível determinar-se se o zonamento é normal ou inverso. Eventualmente observam-se grãos com geminação polissintética (Foto 8.17) e são comuns pequenas inclusões globulares de quartzo.

Calcita foi observada unicamente na amostra 196A, formando pequenos cristais xenoblásticos disseminados ou intersticiais que não ultrapassam os 0,1 mm de comprimento (Foto 8.18). Apresenta, mais raramente, geminação lamelar.

Em termos gerais, estes litotipos apresentam textura nematoblástica definindo a foliação S_n , com eventuais variações a lepidó-granoblástica, quando o glaucofânio e a pumpellyita associam-se à clorita. A foliação S_n pode estar dobrada, raramente definindo uma foliação S_{n+1} . Localmente observam-se alguns arcos poligonais em glaucofânio, indicando que as a temperatura manteve-se relativamente estável após a deformação. Estes arcos podem eventualmente representar pequenas dobras intrafoliais que definem uma S_{n-1} .

As rochas deste grupo são genericamente classificadas como pumpellyita-clorita-epidoto-glaucofânio xistos, glaucofânio-clorita-pumpellyita xistos e, mais raramente, como lawsonita-clorita xistos.

8.2 Rochas na fácies anfibolito

Este litotipo ocorre principalmente na Estrada Barragán–Cumbarco. Além das rochas da fácies anfibolito, diversos autores (e.g. McCourt & Feininger, 1984; González, 1997) têm sugerido a presença de rochas da fácies eclogito na região de Barragán, mas no presente trabalho foram encontrados poucos afloramentos de rochas que respaldem essas citações.

Os anfibolitos são compostos por anfibólio (42–65%), granada (8–20%), plagioclásio (7–11%), zoisita (10–14%), epidoto e/ou clinozoisita (5–12%), titanita (3–10%), quartzo (1–6%), rutilo (1–2%), clorita ($\sim$ 1%), mica ($\sim$ 1%) e escapolita (3%), esse somente em veios na amostra 188. Apatita foi identificada em quantidades muito reduzidas na lâmina 187B. Rochas que apresentam zoisita não possuem epidoto e/ou clinozoisita e vice-versa.

O **anfibólio** apresenta uma fórmula pleocróica segundo $X = \text{amarelo-esverdeado}$, $Y = \text{verde}$ e $Z = \text{verde-azulado}$ e um ângulo $C^\wedge Z = 24^\circ$, correspondendo petrograficamente a uma hornblenda. O tamanho dos grãos varia entre 0,1 e 2,5 mm e são subidioblásticos, muito embora não faltem cristais xenoblásticos. Às vezes observam-se zonamentos dados por núcleos menos intensamente pleocróicos que as bordas (Foto 8.19) e, geralmente, esse mineral arranja-se numa textura nematoblástica que define a foliação S_n , que é dominante nessas rochas. Na lâmina 187 foi observada localmente substituição da hornblenda (Foto 8.20) por, possivelmente, actinolita, de difícil caracterização óptica, em função das dimensões reduzidas dos cristais. Na lâmina 188 ocorre localmente anfibólio fibroso, que pode concentrar-se na borda de cristais de granada, formando uma textura simplectítica (Foto 8.21), possivelmente indicando que se trata de um retro-eclogito, mas esta feição não é comum no conjunto de rochas desta unidade. Nessa lâmina os anfibólios podem apresentar núcleos mais azulados no anfibólio (Foto 8.22), indicando composições mais sódicas, sugerindo uma possível passagem da fácies xisto azul de alta temperatura, para a fácies anfibolito e com tendência final à fácies epidoto anfibolito.

A **granada** forma porfiroblastos subidioblásticos e xenoblásticos com diâmetros variando entre 0,3 e 1,9 mm, com inclusões de epidoto e/ou clinozoisita e quartzo. Os porfiroblastos às vezes exibem com sombras de pressão simétricas e assimétricas, nas quais cristalizou-se quartzo, plagioclásio, clorita e anfibólio, indicando que, pelo menos em parte, são anteriores à foliação S_n . Bordas geradas por cristalização acretiva são observadas em algumas das amostras, possivelmente relacionável ao evento de desenvolvimento da S_{n+1} . Às vezes a granada apresenta núcleo ricos em inclusões e bordas mais límpidas (Foto 8.23), zonamento esse que pode ser indicativo de um aumento da temperatura durante a cristalização do mineral. Comumente nota-se substituição das bordas da granada por plagioclásio, indicativo de um evento descompressivo, juntamente com epidoto e/ou clinozoisita e clorita. A clorita cristaliza-se também nas fraturas, indicando retrometamorfismo na fácies xisto verde. Na amostra 187B observam-se cristais esqueléticos de granada, bem como cristais deformados e fragmentados, sendo esta uma granada pré- S_n e na amostra 188 os cristais estão muito fraturados e mostram com uma corona simplectito com anfibólio, epidoto, plagioclásio e quartzo, indicando que possivelmente algumas das amostras analisadas correspondam a retro-eclogitos.

O **plagioclásio** (An_{12-22}) apresenta-se como grãos xenoblásticos com entre 0,5 a 2,8 mm de comprimento, comumente apresentam zonamento concêntrico normal e mais raramente apresentam geminação do tipo albita (Foto 8.24). Os grãos são geralmente poiquiloblásticos (Foto 8.25), com inclusões de anfibólio, granada, epidoto-clinozoisita, titanita, quartzo e clorita, sendo que o plagioclásio é tardio em relação à foliação, o que possivelmente sugere que este litotipo corresponda a retro-eclogitos. Os cristais orientam-se concordantemente à foliação S_n . Em algumas amostras, associada com anfibólio, faz parte de coronas simplectíticas em granada, notadamente na lâmina 188.

Foto 8.19. Zonamento do anfibólio. Lado maior da foto 0,49 mm.

Foto 8.20. Exsolução de outro anfibólio na hornblenda. Lado maior da foto 0,49 mm.

Foto 8.21. Textura simplectítica em borda de anfibólio. Lado maior da foto 1,07 mm.

Foto 8.22. Possível anfibólio sódico (Na-Amp) em núcleo de anfibólio cálcico (Ca-Amp). Lado maior da foto 1,07 mm.

Foto 8.23. Granada com inclusões no núcleo e bordas límpidas. Lado maior da foto 2,14 mm.

Foto 8.24. Plagioclásio com geminação de tipo albita. Lado maior da foto 1,07 mm.

Fotos 8.19, 8.21 e 8.22 obtidas com polarizadores paralelos e 8.20, 8.23, e 8.24 com polarizadores cruzados.

Foto 8.25. Plagioclásio (Pl) poiquiloblástico. Lado maior da foto 2,14 mm.

Foto 8.26. Zoisita (Zo) idiomblástica. Lado maior da foto 1,07 mm.

Foto 8.27. Titanita idiomblástica. Lado maior da foto 0,49 mm.

Foto 8.28. Titanita (Ttn) em borda de reação de rutilo (Rt). Lado maior da foto 0,49 mm.

Foto 8.29. Veio de escapolita (Scp). Lado maior da foto 1,07 mm.

Foto 8.30. Veio de escapolita. Lado maior da foto 1,07 mm.

Fotos 8.27, 8.28 e 8.29 obtidas com polarizadores paralelos e 8.25, 8.26 e 8.30 com polarizadores cruzados.

A **zoisita** apresenta-se como cristais subidioblásticos ou idioblásticos variando entre 0,1 e 3,0 mm de comprimento, possuem inclusões de titanita e estão levemente fraturados (Foto 8.26). Ocorrem disseminados ou concentrados junto ao anfibólio, na textura nematoblástica.

Epidoto e/ou clinozoisita são observados na maioria das amostras analisadas, nunca coexistindo com zoisita. Forma cristais subidioblásticos e xenoblásticos com 0,1 a 0,7 mm de comprimento e alguns grãos parece indicar zonamento composicional, dado pela variação da birrefringência no núcleo e na borda. Geralmente esses se encontram disseminados ou concentrados nas sombras de pressão da granada. O epidoto e a clinozoisita apresentam contatos retos com a granada e com o anfibólio, mas foram também observados alguns casos nos quais os contatos são serrilhados. Pelas relações texturais observadas, os minerais do grupo do epidoto parecem estar indicando terem sido cristalizados tardiamente.

A **titanita** apresenta-se com um pleocroísmo leve que varia em tons de café claro e escuro, em tamanhos que variam entre 0,05 e 0,55 mm sendo esta xenoblástica, subidioblástica e idioblástica (Foto 8.27). Este mineral encontra-se também como finos cristais inclusos em anfibólio e plagioclásio ou é produto da substituição do rutilo (Foto 8.28). Embora a titanita ocorra disseminada nas lâminas, esta sempre está orientada segundo a foliação S_n .

O **quartzo** encontra-se como grãos xenoblásticos com dimensões que variam entre 0,15 e 0,6 mm, usualmente com extinção ondulante e, mais raramente, reta. Apresenta-se disseminado ou como finos cristais inclusos na granada, plagioclásio e, eventualmente, nas coronas simplectíticas da granada.

A **escapolita** está presente unicamente na amostra 188, onde forma veios que cortam a foliação principal S_n (Fotos 8.29 e 8.30), constituídos por grãos xenoblásticos e subidioblásticos que variam entre 0,05 e 0,8 mm. A escapolita foi classificada, em função da sua birrefringência, como possuindo um conteúdo de marialita ao redor 30%.

O **rutilo** é representado por pequenos grãos xenoblásticos e subidioblásticos que variam entre 0,03 e 0,25 mm de comprimento. Encontra-se disseminado e, eventualmente, com os grãos orientados segundo a foliação S_n e são comuns pequenos cristais com borda de titanita (Foto 8.28).

A **clorita** apresenta um leve pleocroísmo que varia em tons de verde-claro e amarelo, constitui cristais geralmente xenoblásticos e, menos freqüentemente subidioblásticos, com tamanhos variando entre 0,1 e 0,6 mm. Encontra-se geralmente disseminada, mas também ocorre associada nas coronas simplectíticas da granada, sendo que esta clorita faz parte do evento retrometamórfico que afetou as rochas.

A **mica** apresenta-se como pequenos grãos que variam entre 0,1 e 0,3 mm, sempre xenoblásticos. Encontra-se disseminada e também inclusa em plagioclásio e anfibólio (Foto 8.31).

Foto 8.31. Inclusão de mica em plano de clivagem de anfibólio. Lado maior da foto 0,49 mm.

Foto 8.32. Cristais placóides de serpentina e textura *mesh* preservada. Lado maior da foto 3,20 mm.

Foto 8.33. Mineral opaco xenoblástico arredondado. Lado maior da foto 3,20 mm.

Foto 8.34. Carbonato e serpentina. Lado maior da foto 3,20 mm.

Foto 8.35. Quartzo com contatos suturados e com extinção ondulante. Lado maior da foto 3,20 mm.

Foto 8.36. Mica e grafita em foliação e crenulação. Lado maior da foto 3,20 mm.

Todas as fotos obtidas com polarizadores cruzados.

Texturalmente estes litotipos apresentam textura nematoblástica definida pela orientação do anfibólio e, eventualmente, acompanhada por minerais do grupo do epidoto. Também é comum observar-se textura porfiroblástica definida pela granada e, às vezes, encontra-se plagioclásio poiquiloblástico. A textura nematoblástica define uma S_n e uma segunda foliação, definida também pelo anfibólio, marca a S_{n+1} . Durante o desenvolvimento dessa foliação também ocorreu cristalização acretiva na borda de alguns grãos de granada.

As rochas deste grupo podem ser classificadas como epidoto-oligoclásio-granada-hornblenda xistos ou oligoclásio-epidoto-granada-anfibólio xistos, dependendo das concentrações de oligoclásio, epidoto, clinozoisita e zoisita. Muíto embora os minerais do grupo de epidoto estejam presentes em todas as amostras, a associação hornblenda + oligoclásio é típica da fácies anfibolito.

8.3 Serpentinitos

Estas rochas ocorrem principalmente na estrada Barragán–Tuluá e são compostas por serpentina (94–99%) e minerais opacos (1–6%). Carbonato (~5%) foi encontrado apenas nas amostras 184C e 184D e ortopiroxênio (~5%) unicamente na lâmina 184.

A **serpentina** apresenta um tamanho de grão que varia de 0,4 a 1,0 mm e os cristais são subidioblásticos e placóides (Foto 8.32), indicando serem possivelmente antigorita. Eventualmente, definem textura lepidoblástica orientada na foliação S_n mas também podem formar agregados com arranjos radiados e, localmente observar-se textura *mesh* preservada (Foto 8.32).

Os **minerais opacos** apresentam-se em grãos menores de 2,0 mm, geralmente xenoblásticos e arredondados, os quais estão disseminados na lâmina (Foto 8.33).

O **ortopiroxênio** apresenta-se em grãos de no máximo 1,2 mm, são xenoblásticos e possuem grande quantidade de inclusões de minerais opacos. Em geral estão disseminados na lâmina e podem estar completamente substituídos por serpentina, restando apenas pseudomorfos, às vezes com pequenos restos do mineral nos núcleos, onde observa-se somente a sua clivagem.

A **calcita** constitui agregados, juntamente com a serpentina, e geralmente encontra-se disseminada na lâmina toda (Foto 8.34). Eventualmente apresenta lamelas de deformação.

Especialmente na lâmina 184A observa-se textura lepidoblástica bem definida, dada pela orientação da serpentina. A presença de piroxênio numa das amostras sugere que os protólitos destes serpentinitos correspondam a peridotitos ou harzburgitos.

8.4 Grafita-clorita-muscovita-quartzo xistos

Este litotipo ocorre principalmente na estrada Barragán–Santa Lucia. São rochas compostas por quartzo (40–55%), muscovita (20–30%), clorita (15–25%), grafita (5–12%) e como minerais subordinados encontram-se opacos (subordinado a 5%), albita (<3%) e apatita (<1%).

O **quartzo** apresenta-se em grãos menores de 0,7 mm, todos xenoblásticos, que definem localmente uma textura granoblástica em mosaico, com grãos em contatos de ~120°, com contatos suturados e com extinção ondulante (Foto 8.35).

A **muscovita** constitui grãos de no máximo 0,4 mm de comprimento, geralmente xenoblásticos e, mais raramente subidioblásticos, definindo uma textura lepidoblástica (Foto 8.36). Também se cristalizou em sombras de pressão de minerais opacos, como na amostra 187C, e alguns grãos mostram-se dobrados formando *kink bands*, com cristais com extinção fortemente ondulante.

A **clorita** apresenta pleocroísmo leve, que varia em tons de verde muito claro a incolor, e ocorre como cristais com dimensões inferiores 0,4 mm, xenoblásticos e, eventualmente, subidioblásticos. Juntamente com a muscovita definem uma textura lepidoblástica (Foto 8.37).

A **grafita** apresenta-se como agregados formando delgadas lâminas que se estendem ao longo da amostra e sempre acompanhando a foliação milonítica (Foto 8.38).

Os **minerais opacos** estão presentes como grãos disseminados que variam de 0,5 a 2,7 mm, mas na lâmina 187C constituem porfiroblastos (Foto 8.39). Usualmente são subidioblásticos, exceto na amostra 187C, onde formam cristais idioblásticos. Comumente têm inclusões de mica e quartzo e estão parcialmente intemperizados. As formas sugerem ser o mineral a pirita.

A **albita** constitui grãos xenoblásticos de 1,0 a 1,5 mm e, em algumas amostras, podem constituir porfiroblastos. Embora o zonamento não seja muito claro, vários grãos apresentam extinção concêntrica e, mais raramente observam-se inclusões de mica.

A **apatita** ocorre como grãos menores de 0,2 mm, arredondados e disseminados nas amostras.

Numa destas amostras (185) foram observados agregados de argilo-minerais com formas retangulares e losangulares “fantasmas” (Foto 8.40), sugerindo serem feldspatos intemperizados.

Estes xistos apresentam uma forte foliação definida principalmente pelos minerais micáceos e a grafita. O quartzo geralmente forma bandas paralelas à foliação, mas também se apresenta como veios delgados, formados por cristais de granulação fina formando arranjos grano-lepidoblástico e lepidogranoblástico. O quartzo também está presente em sombras de pressão dos minerais opacos, principalmente na amostra 187C. Na maioria das amostras também é possível observar uma crenulação com cristalização de muscovita e grafita associada (Foto 8.36). Eventualmente muscovita ocorre nas sombras de pressão.

8.37

8.38

8.39

8.40

8.41

8.42

Foto 8.37. Textura lepidoblástica de clorita junto a muscovita. Lado maior da foto 3,20 mm.

Foto 8.38. Grafita acompanhando a foliação. Lado maior da foto 3,20 mm.

Foto 8.39. Minerais opacos porfiroblásticos. Lado maior da foto 10,20 mm.

Foto 8.40. “Fantasmas” de feldspato(?). Lado maior da foto 2,14 mm.

Foto 8.41. Textura *mortar* em protocataclasito. Lado maior da foto 2,14 mm.

Foto 8.42. Textura granolepidoblástica com muscovita, clorita e quartzo. Lado maior da foto 1,07 mm.

Fotos 8.37, 8.38, 8.39 e 8.40 obtidas com polarizadores paralelos e 8.41 e 8.42 com polarizadores cruzados.

8.5 Protocataclasitos

Este litotipo encontra-se na estrada Barragán–Santa Lucia, sendo rochas com uma mineralogia monótona, compostas principalmente por quartzo (90–95%) e minerais opacos (4–6%). Como acessórios ocorrem muscovita (2–4%) zircão (~1%) e turmalina (<1%).

O **quartzo** apresenta-se como porfiroclastos de 0,3 a 2,1 mm ou dispersos na matriz, em grãos que alcançam 0,1 mm de diâmetro. Os cristais são xenoblásticos, apresentam forte extinção ondulante e, esporadicamente, definem textura mortar (Foto 8.41).

Minerais opacos ocorrem em grãos disseminados, de no máximo 0,1 mm, xenoblásticos e com uma cor de oxidação avermelhada.

A **muscovita** ou **sericita** apresenta-se em grãos disseminados de no máximo 0,1 mm, xenoblásticos e, eventualmente, subidioblásticos.

O **zircão** ocorre em grãos que dificilmente alcançam os 0,1 mm, sendo todos eles subidioblásticos e sempre disseminados nas rochas.

A **turmalina** é observada em pequenos cristais xenoblásticos disseminados, de no máximo 0,05 mm.

Estas rochas apresentam comumente típica estrutura cataclástica e textura mortar mas, localmente restam porções com textura granoblástica inequigranular seriada.

8.6 Grafita-clorita-andaluzita-andesina-granada-muscovita xisto com titanita

Somente uma amostra desse litotipo foi encontrado, também no perfil Barragán–Santa Lucia. É composto por quartzo (27%), muscovita (25%), granada (17%), plagioclásio (12%), andaluzita (9%), clorita (7%), grafita (6%), titanita (4%), e minerais opacos (2%).

A **muscovita** constitui grãos com tamanhos entre 0,1 e 1,0 mm, principalmente xenoblásticos, mas também ocorrem alguns subidioblásticos. Juntamente com a clorita definem a foliação S_n , assim como a textura lepidoblástica (Foto 8.42), mas pode também ocorrer como cristais inclusos em titanita e plagioclásio. Quando associada ao quartzo define texturas lepidogranoblástica ou granolepidoblástica, dependendo do predomínio de micas ou quartzo, respectivamente.

O **quartzo** apresenta-se com uma variação granulométrica de 0,1 a 0,6 mm, com cristais sempre xenoblásticos em textura poligonal, com contatos retos ou suturados (Fotos 8.43 e 8.44) em leitos onde está mais concentrado. Quando associado às maiores concentrações de micas os cristais são granulares.

A **granada** constitui cristais que variam entre 0,1 e 1,2 mm, predominantemente subidioblásticos e xenoblásticos, com poucas inclusões de quartzo e com minerais opacos concentrados nas bordas (Foto 8.45). Eventualmente formam finos porfiroblastos, geralmente

Foto 8.43. Quartzo com contatos suturados. Lado maior da foto 0,49 mm.

Foto 8.44. Quartzo com contatos retos. Lado maior da foto 1,07 mm.

Foto 8.45. Granada com concentração de minerais opacos nas bordas. Lado maior da foto 0,49 mm.

Foto 8.46. Granada (Grt) com foliação interna S_1 inclusa em andaluzita (And). Lado maior da foto 1,07 mm.

Foto 8.47. Poiquiloblasto de plagioclásio. Lado maior da foto 2,14 mm.

Foto 8.48. Andaluzita com inclusão de granada. Lado maior da foto 1,07 mm.

Fotos 8.45 e 8.46 obtidas com polarizadores paralelos e 8.43, 8.44, 8.47 e 8.48 com polarizadores cruzados.

muito fraturados, e às vezes ocorrem como inclusão em plagioclásio e andaluzita. Apresenta localmente uma foliação interna S_i definida pelo arranjo dos minerais opacos (Foto 8.46).

O **plagioclásio** (An_{33}) ocorre como grãos xenoblásticos que variam entre 0,3 e 3,2 mm, geralmente poiquiloblásticos e com inclusões de granada, quartzo, andaluzita, minerais opacos e mica (Foto 8.47). Apresenta geminação de tipo albita e periclina.

Os cristais de **andaluzita** variam de 0,1 a 2,8 mm de comprimento, sendo predominantemente subidioblásticos, mas grãos xenoblásticos e idioblásticos ocorrem subordinadamente. Inclusões de minerais opacos, quartzo e granada (Foto 8.48) são comuns em muitos dos grãos. Localmente a andaluzita forma agregados orientados, definindo textura nematoblástica, mas geralmente encontra-se disseminada na lâmina.

A **clorita** apresenta-se um fraco pleocroísmo em tons de verde muito claro e constitui grãos subidioblásticos e xenoblásticos com 0,1 a 0,6 mm de comprimento, sempre acompanhados por minerais opacos, sugerindo, pelo menos em parte, formação a partir do retrometamorfismo de biotita. Apresenta-se disseminada ou agrupada, juntamente com muscovita, definindo textura lepidoblástica. Comumente apresenta bordas de oxidação, possivelmente de limonita (Fotos 8.49 e 8.50).

A **grafita** apresenta-se concentrada em delgadas lâminas orientadas na foliação ou também fortemente dobradas (Foto 8.51). Comumente tem quartzo associado, mas também ocorre incluso dos demais minerais da rocha.

A **titanita** tem um pleocroísmo que varia em tons de café-claro e escuro, variando entre 0,2 e 0,8 mm de comprimento e forma grãos subidioblásticos e xenoblásticos (Foto 8.52). Possui inclusões de mica e quartzo e apresenta-se disseminado, mas quase sempre acompanhando a foliação principal S_n .

Os **minerais opacos** são xenoblásticos, estão disseminados pela rocha ou ocorrem inclusos nos demais minerais ou acumulados nas bordas de cristais de granada e de andaluzita. Comumente têm bordas de titanita e, possivelmente, leucoxênio (Foto 8.53), sugerindo serem ilmenita. Outros cristais, quase sempre parcialmente limonitizados, sugerem serem sulfetos.

Finos cristais idioblásticos (máximo 0,05 mm) de **clinozoisita** são observados disseminados. Às vezes os cristais apresentam zonamento concêntrico, observado pela variação da birrefringência (Foto 8.54).

Estas rochas variam texturalmente de lepidoblástica, definida pela clorita e muscovita, a granoblástica nas porções mais quartzosas e nematoblástica quando mais rica em andaluzita. Localmente o plagioclásio pode conferir à rocha texturas poiquiloblásticas. Em termos gerais, a rocha apresenta uma foliação principal S_n e uma S_{n+1} fracamente desenvolvida, dada pela orientação da clorita.

Foto 8.49. Borda de oxidação de limonita em clorita. Lado maior da foto 1,07 mm.

Foto 8.50. Borda de oxidação de limonita em clorita. Lado maior da foto 1,07 mm.

Foto 8.51. "Fitas" de grafita fortemente dobradas. Lado maior da foto 2,14 mm.

Foto 8.52. Grão subidioblástico de titanita concordante com a foliação. Lado maior da foto 1,07 mm.

Foto 8.53. Bordas de limonita e possível leucoxênio em opacos. Lado maior da foto 1,07 mm.

Foto 8.54. Zonamento concêntrico em clinozoisita. Lado maior da foto 0,21 mm.

Fotos 8.49, 8.51, 8.52 e 8.53 obtidas com polarizadores paralelos e 8.50 e 8.54 com polarizadores cruzados.

Na Tabela 8.1 é apresentado um resumo dos minerais presentes em cada um dos litotipos analisados da área de Barragán.

Tabela 8.1. Minerais presentes nos litotipos da região de Barragán, onde **1** = rochas na fácies xisto azul, **2** = rochas na fácies anfibolito, **3** = serpentinitos, **4** = grafita-clorita-muscovita-quartzo xistos, **5** = protocataclasitos, **6** = grafita-clorita-andaluzita-andesina-granada-muscovita xisto com titanita, onde ○ mineral essencial, ● mineral subordinado (<5%) e ●○ minerais que variam de subordinado a essencial.

Mineral	1	2	3	4	5	6
Anfibólio sódico	○					
Anfibólio cálcico		○				
Granada		○				○
Clorita	○	●		○		
Pumpellyita	○					
Lawsonita	●○					
Epidoto/clinozoisita	●○	○				●
Zoisita		○				
Titanita	○	●○				●
Rutilo		●				
Quartzo	●	●○		○	○	○
Mica branca	●	●		○	●	○
Opacos	●	●	●	●○	●○	●
Plagioclásio	●	○		●		○
Carbonato	●		●			
Escapolita		●				
Apatita		●		●		
Serpentina			○			
Piroxênio			●			
Grafita				○		○
Zircão					●	
Turmalina					●	
Andaluzita						○

As relações de blastese dos minerais observados e descritos nos litotipos de protolito básico da região de Barragán são apresentadas na Tabela 8.2.

Tabela 8.2. Blastese dos minerais em relação às foliações metamórficas nos metabasitos da área de Barragán, onde XA = xisto azul, XV = xisto verde e Anf = anfibolito.

Mineral	Facies XA	Facies XV	Facies Anf
Anfibólio sódico	_____		
Anfibólio cálcico		--- _____	
Granada			---- _____
Clorita		_____	
Pumpellyita	_____		
Lawsonita	_____		
Epidoto/clinozoisita		----- _____	
Zoisita			_____
Titanita	-----		
Rutilo	-----		
Quartzo	_____		
Mica branca	_____	-----	
Opacos	-----		
Plagioclásio		_____	
Carbonato	_____		
Escapolita			

9 QUÍMICA MINERAL DA REGIÃO DE JAMBALÓ

Para determinação da composição química dos minerais da região de Jambaló foram selecionadas principalmente as amostras de rochas da fácies xisto azul, mas rochas fácies xisto verde também tiveram seus minerais analisados. Dentre as rochas da fácies xisto azul foram feitas análises principalmente em anfibólio sódico, mica branca, clorita e minerais do grupo do epidoto, mas alguns minerais acessórios, como plagioclásio, granada, titanita, rutilo e carbonato foram também analisados. Nas rochas da fácies xisto verde foram analisados principalmente anfibólio cálcico, clorita, granada, plagioclásio, mica e minerais do grupo do epidoto. Dos minerais subordinados foi analisado unicamente o estilpnomelano. As análises selecionadas da química mineral encontram-se no Anexo III.

9.1 Rochas da fácies xisto azul

As características químicas dos minerais das rochas da fácies xisto azul são apresentadas a seguir:

9.1.1 Anfibólio sódico

Na amostra **118** os anfibólios analisados entram no campo dos alcalinos (Figura 9.1) segundo a divisão de Leake *et al.* (1997, 2004). Segundo a classificação de Miyashiro (1957) os anfibólios alcalinos pertencem ao campo do glaucofânio (Figura 9.1).

Figura 9.1. À esquerda é apresentado o diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 118 nos quatro grupos principais segundo Leake *et al.* (1997, 2004), indicando serem todos anfibólios alcalinos. No diagrama da direita pode ser observado que anfibólio sódico tem composição de glaucofânio, segundo a classificação de Miyashiro (1957).

Nestas análises nota-se que o zonamento observado na petrografia apresenta uma variação do núcleo para a borda dos grãos glaucofânio em direção ao campo do ferro-glaucofânio. Nas análises obtidas para a amostra 118, apresentam-se conteúdos de Na e Ca relativamente

homogêneos. Para as bordas foram obtidos conteúdos de Na que variam entre 1,72 e 1,97 a.p.f.u. e de Ca variando entre 0,05 e 0,21 a.p.f.u. Nos pontos intermediários os valores de Na estão no intervalo de 1,73 – 1,88 a.p.f.u. e o Ca 0,07 – 0,22 a.p.f.u. No caso das análises de núcleos, os valores de Na variam entre 1,79 e 1,84 a.p.f.u. e o Ca entre 0,10 e 0,14 a.p.f.u.

Na amostra **123A** a maior parte dos anfibólios entram no campo dos alcalinos (Figura 9.2A) segundo a classificação de Leake *et al.* (1997, 2004). Dentro dos anfibólios alcalinos, usando a proposta de Miyashiro (1957), estes correspondem ao campo do glaucofânio na sua maioria, com alguns pontos no campo da magnésio-riebeckita (Figura 9.2B).

Figura 9.2. Diagramas de classificação dos anfibólios da amostra 123A nos quatro grupos principais (A) segundo Leake *et al.* (1997, 2004), indicando serem a maioria anfibólios alcalinos. No diagrama (B) pode ser observada a composição do anfibólio sódico no campo do glaucofânio e alguns no campo da magnésio-riebeckita, segundo a definição de Miyashiro (1957). Em (C) indica-se que as análises de borda plotam no campo da barrosita e em (D) no campo da magnésio-hornblenda.

Um par de pontos de borda tem composição que adentra no campo dos anfibólios sódico-cálculos (Figura 9.2C), que corresponde à barrosita, segundo a classificação de Leake *et al.* (1997). Um único ponto de borda é de anfibólio cálcico, correspondendo a magnésio-hornblenda

(Figura 9.2D) segundo o esquema de classificação de Leake *et al.* (1997). Este zonamento confirma o observado na petrografia, no qual os núcleos mais intensamente pleocróicos correspondem às fases mais sódicas que passam para anfibólios sódico-cálcicos e depois para anfibólios cálcicos nas bordas.

Os conteúdos de Na e Ca obtidos para os anfibólios da amostra 123A também refletem o zonamento observado na petrografia. Assim para os pontos de borda apresentam-se os intervalos de variação mais amplos, sendo que o Na varia entre 0,76 e 1,96 a.p.f.u. e o Ca varia entre 0,07 e 1,42 a.p.f.u. Nas análises realizadas em pontos intermediárias apresentam conteúdos de Na que variam entre 1,64 e 1,91 a.p.f.u. e o Ca varia entre 0,06 e 0,37 a.p.f.u. No caso dos núcleos a variação obtida apresenta os menores intervalos, sendo que o Na varia entre 1,79 e 1,95 a.p.f.u. e o Ca varia entre 0,05 e 0,20 a.p.f.u.

Na amostra **124** foram obtidos poucos pontos dos anfibólios. Estes correspondem em sua totalidade aos alcalinos (Figura 9.3) segundo a proposta de classificação de Leake *et al.* (1997). Segundo a classificação de Miyashiro (1957) os anfibólios correspondem a glaucofânio com uma tendência evolutiva ao campo do ferro-glaucofânio (Figura 9.3).

Figura 9.3. À esquerda é apresentado o diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 124 nos quatro grupos principais segundo Leake *et al.* (1997, 2004), indicando serem todos anfibólios alcalinos. No diagrama da direita pode ser observada a composição de glaucofânio e ferro-glaucofânio, conforme definido por Miyashiro (1957).

Nesta amostra os conteúdos de Na dos pontos de borda apresenta uma variação no intervalo entre 1,78 e 1,89 a.p.f.u. e de Ca entre 0,08 e 0,13 a.p.f.u. No caso dos pontos intermediários obtidos nesta amostra, os valores de Na estão entre 1,82 e 1,94 a.p.f.u. e o Ca apresentam um intervalo amplo de variação entre 0,04 e 0,26 a.p.f.u. No núcleo do grão dessa amostra foi analisado apenas um ponto, que indicou conteúdo de Na de 1,78 a.p.f.u. e de Ca de 0,16 a.p.f.u.

Na amostra **124J** os anfibólios plotam todos dentro do campo dos alcalinos (Figura 9.4)

segundo a classificação de Leake *et al.* (1997). Já no diagrama de Miyashiro (1957) para a série glaucofânio–riebeckita, os anfibólios desta amostra estão todos no campo do glaucofânio, com uma tendência de evolução para o ferro-glaucofânio (Figura 9.4).

Figura 9.4. À esquerda é apresentado o diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 124J nos quatro grupos principais segundo Leake *et al.* (1997, 2004), indicando serem todos anfibólios alcalinos. No diagrama da direita pode ser observada a composição do anfibólio sódico no campo da série glaucofânio–riebeckita (Miyashiro, 1957), evidenciando sua composição de glaucofânio, com uma leve tendência ao campo do ferro-glaucofânio.

O Na e Ca dos anfibólios analisados na amostra 124J apresentam um pequeno intervalo de variação. Nas análises de borda os conteúdos de Na variam entre 1,84 e 1,97 a.p.f.u. e o Ca varia entre 0,06 e 0,14 a.p.f.u. Para as análises em pontos intermediários o intervalo de variação do Na está entre 1,85 e 1,92 a.p.f.u. e o Ca varia entre 0,06 e 0,14 a.p.f.u. Já no núcleo a variação de Na encontra-se entre 1,87 e 1,92 a.p.f.u. e o Ca entre 0,03 e 0,16 a.p.f.u.

A amostra **125M** apresenta a maior parte dos anfibólios dentro do campo dos alcalinos (Figura 9.5) segundo a proposta de Leake *et al.* (1997). Dentro do esquema de classificação de Miyashiro (1957) os anfibólios correspondem ao grupo de glaucofânio (Figura 9.5) e um par de análises de bordas do mineral adentram no campo da winchita (Figura 9.5), de acordo com a classificação de Leake *et al.* (1997). Embora as análises obtidas no anfibólio desta amostra não apresentem um padrão de evolução muito claro, o fato de ter composições mais sódico-cálcicas nas bordas sugere que o anfibólio tem uma transformação proveniente dos anfibólios cálcicos.

Nesta amostra, os conteúdos de Na e Ca encontrados apresentam um intervalo de variação relativamente amplo quando analisados os pontos obtidos nas bordas do mineral. No caso do Na, este varia entre 1,28 e 1,95 a.p.f.u. e o Ca entre 0,03 e 0,76 a.p.f.u. Nas análises correspondentes dos pontos intermediários o Na varia entre 1,85 e 1,92 a.p.f.u. e o Ca entre 0,11 e 0,14. Nos núcleos os valores de Na estão entre 1,84 e 1,94 a.p.f.u. e o Ca entre 0,07 e 0,016 a.p.f.u.

Figura 9.5. Diagramas de classificação dos anfibólios da amostra 125M nos quatro grupos principais (esquerda) segundo Leake et al. (1997, 2004), indicando serem a maioria anfibólios alcalinos. No diagrama central pode ser observada a composição do anfibólio sódico no campo do glaucofânio, segundo o esquema de Miyashiro (1957). No diagrama de classificação dos anfibólios sódico-cálcicos (direita) apresenta-se as análises de borda no campo da winchita segundo o esquema de Leake et al. (1997).

Na amostra **129A** todos os anfibólios analisados entram no campo dos alcalinos (Figura 9.6) segundo a divisão de Leake et al. (1997) e no diagrama de classificação de Miyashiro (1957) estão no campo do glaucofânio e alguns pontos na transição para ferro-glaucofânio (Figura 9.6).

Esta amostra apresenta os conteúdos mais altos de Na e os mais baixos de Ca nas bordas do mineral de todo o conjunto de anfibólios das rochas da fácies xisto azul. Essa variação pode ser o reflexo do zonamento observado na petrografia, no qual há um núcleo menos intensamente pleocróico que as bordas. Nesta amostra, a evolução do anfibólio varia no sentido da composição da riebeckita e da magnésio-riebeckita.

Figura 9.6. À esquerda é apresentado o diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 124A nos quatro grupos principais segundo Leake et al. (1997, 2004), indicando serem todos anfibólios alcalinos. No diagrama da direita pode ser observada a composição do anfibólio sódico no campo da série glaucofânio-riebeckita (Miyashiro, 1957), evidenciando sua composição de glaucofânio, com uma leve tendência ao campo do ferro-glaucofânio.

As análises feitas na borda do mineral têm conteúdos de Na variando entre 1,89 e 2,04

a.p.f.u. e o Ca apresenta-se entre 0,01 e 0,10 a.p.f.u. Para as análises intermediárias o Na varia entre 1,88 e 2,01 a.p.f.u. e o Ca entre 0,04 e 0,10 a.p.f.u. Nos núcleos têm teores de Na entre 1,89 e 1,93 a.p.f.u. e de Ca entre 0,07 e 0,16 a.p.f.u.

9.1.2 Granada

Das amostras da fácies xisto azul da região de Jambaló foi analisada a granada de três (3) delas.

Na amostra **118**, foram analisados três (3) cristais, sendo que, os pontos obtidos estão distribuídos segundo borda-núcleo-borda. Em termos gerais, a granada apresenta um marcado zonamento em dois dos cristais analisados (Figura 9.7), mas no terceiro não é muito pronunciado (Figura 9.7). Os conteúdos de Fe^{2+} da granada aumentam do núcleo para borda e o mesmo comportamento, embora não tão fortemente marcado, ocorre com o Mg e com o Ca. Um comportamento inverso é observado para o Mn. Estas variações sugerem substituições complexas entre os diferentes componentes da granada, possivelmente como resultado de aumentos na temperatura do metamorfismo que afetou o conjunto, e como consequência da transição da fácies xisto azul para xisto verde.

Figura 9.7. Padrão de zonamento dos principais cátions dos grãos de granada analisados na amostra 118. Os diagramas representam os pontos obtidos em perfis borda-núcleo-borda. Nota-se o forte zonamento nos diagramas da esquerda e central e o zonamento mais levemente definido no diagrama da direita.

A variação dos principais componentes da granada desta amostra podem ser expressos em termos de almandina (Alm) + grossularia (Grs) + piropo (Pyp) + espessartita (Sps) da seguinte forma: $\text{Alm}_{39,76-54,80}\text{Grs}_{26,45-34,14}\text{Pyp}_{2,38-4,70}\text{Sps}_{7,82-26,00}$.

Nos pontos analisados em dois (2) cristais da amostra **124J** observam-se padrões de zonamentos semelhantes aos encontrados na amostra 118, mas não tão bem definidos. Destaca-

se, entretanto, o comportamento inverso entre o Mn e o Fe^{2+} causado pelo aumento da temperatura de núcleo para a borda o metamorfismo progressivo. Nesta amostra as variações nos conteúdos de Fe^{2+} , Mg, Ca e Mn (Figura 9.8) mostram intervalos de variação pequenos quando comparados com o observado na amostra 118. Neste caso, unicamente o conteúdo de Mn apresenta uma distribuição heterogênea e um amplo intervalo de variação de núcleo para borda. Os principais componentes da granada analisada para esta amostra podem expressar-se assim: $\text{Alm}_{32,00-41,98}\text{Grs}_{26,06-31,46}\text{Pyp}_{1,61-2,64}\text{Sps}_{24,67-39,77}$.

Figura 9.8. Padrão de zonamento dos principais cátions dos grãos de granada analisados na amostra 124J. Os diagramas representam os pontos obtidos em perfis borda-núcleo-borda.

Dois perfis obtidos em grãos de granada da amostra **121B** encontraram-se padrões semelhantes com os da amostra 124J. Nos perfis borda-núcleo-borda (Figura 9.9) observa-se uma distribuição dos principais cátions da granada nos quais se destacam os comportamentos oposto do Mn e do Fe^{2+} , com os núcleos mais enriquecidos em ferro. O Mg apresenta-se mais empobrecido nos núcleos que nas bordas, mas os pontos intermediários são os que apresentam os mais altos conteúdos deste elemento. No caso do Ca a distribuição é irregular, mas mesmo assim é possível notar-se menores conteúdos no núcleo do que nas bordas, com pontos de muito baixo conteúdo do elemento comparado com os demais obtidos tanto nas bordas quanto nos intermediários.

A variação dos principais componentes dos grãos de granada analisados nesta amostra pode ser expressa da seguinte forma: $\text{Alm}_{42,56-60,68}\text{Grs}_{21,30-32,22}\text{Pyp}_{2,03-4,18}\text{Sps}_{5,38-29,31}$.

Figura 9.9. Padrão de zonamento dos principais cátions dos grãos de granada analisados na amostra 121B. Os diagramas representam os pontos obtidos em perfis borda-núcleo-borda.

9.1.3 Mica branca

Devido à granulação, não foi possível a obtenção de perfis composicionais nos cristais de micas.

A mica é encontrada nos diferentes litotipos sendo que sempre se encontra subidioblástico e definindo a foliação principal S_n . As amostras analisadas foram a 118, 121B, 123A, 124J e 129A. Em todas elas a composição das micas é variável e em algumas delas nota-se a coexistência de fengita e paragonita, como e o caso das amostras 118, 123A e 124J. Nas outras amostras ocorre unicamente paragonita.

Na amostra **118** a mica corresponde ao campo da fengita (Figura 9.10) segundo a classificação de Tischendorf (1997). Nota-se ainda que alguns pontos têm composição próxima à da muscovita.

Nesta amostra os conteúdos de Si da fengita variam entre 3,17 e 3,24 para cada 11(O) por unidade de fórmula. O K varia entre 0,44 e 0,86 a.p.f.u. e o Na entre 0,04 e 0,06 a.p.f.u.

Na amostra 118 a fengita coexiste com paragonita. Esta última apresenta valores de Si entre 2,92 e 3,07 para cada 11(O) por unidade de fórmula. O Na varia entre 0,47 e 0,77 e o K entre 0,04 e 0,06 a.p.f.u.

Figura 9.10. Diagrama $[(Fe_t + Mn + Ti) - Al^{VI}]$ vs $(Mg - Li)$ de classificação das micas segundo Tischendorf (1997,) no qual verifica-se a composição predominantemente fengítica da mica branca da amostra 118.

Para a amostra **123A** a esta classificada no campo da fengita (Figura 9.11) segundo a proposta de classificação de Tischendorf (1997). Nesta amostra notam-se também variações para a composição da muscovita.

Figura 9.11. Diagrama $[(Fe_t + Mn + Ti) - Al^{VI}]$ vs $(Mg - Li)$ de classificação das micas segundo Tischendorf (1997) no qual se apresenta a composição dos grãos de mica branca analisados na amostra 123A, que correspondem predominantemente à fengita.

Nesta amostra o intervalo de variação do Si da fengita está entre 3,17 e 3,77 para cada 11(O) por unidade de fórmula. No caso do K apresenta-se uma variação entre 0,52 e 0,84 a.p.f.u. e o Na varia entre 0,01 e 0,07 a.p.f.u.

A amostra 123A também tem paragonita coexistindo com a fengita, com teores de Si variando entre 2,90 e 2,98 para cada 11(O) por unidade de fórmula. O Na varia entre 0,79 e 0,91 a.p.f.u. e o K apresenta um intervalo de variação entre 0,05 e 0,08 a.p.f.u.

Na amostra **124J** as micas analisadas correspondem à fengita, com gradação para a muscovita (Figura 9.12), segundo a classificação de Tischendorf (1997).

Figura 9.12. Diagrama $[(Fe_t + Mn + Ti) - Al^{VI}]$ vs $(Mg - Li)$ de classificação das micas segundo Tischendorf (1997) no qual se apresenta a composição dos grãos de mica branca analisados na amostra 124J, que são predominantemente fengita.

Nesta amostra os valores de Si da fengita estão no intervalo entre 3,01 e 3,23 para cada 11(O) por unidade de fórmula. O K apresenta uma variação entre 0,53 e 0,82 a.p.f.u. e o Na entre 0,06 e 0,08 a.p.f.u.

Tal qual observado nas outras duas amostras, há também coexistência de fengita e paragonita, essa com Si variando entre 2,87 e 2,98 para cada 11(O) por unidade de fórmula. O Na apresenta uma variação entre 0,64 e 0,93 a.p.f.u. e o K apresenta valores entre 0,03 e 0,07 a.p.f.u.

A amostra **121B** unicamente apresenta paragonita, embora alguns dados obtidos parecessem indicar a presença de fengita, mas devido ao fechamento de pouca qualidade não foram considerados para a descrição. Os valores de Si da paragonita variam entre 2,88 e 2,91 para cada 11(O) por unidade de fórmula. O Na está no intervalo entre 0,64 e 0,86 a.p.f.u e o K entre 0,02 e 0,07 a.p.f.u.

A amostra **129A** também apresenta unicamente paragonita. Neste caso os valores de Si estão entre 2,87 e 3,02 para cada 11(O) por unidade de fórmula. Os valores de Na oscilam entre 0,86 e 0,98 a.p.f.u. e o K varia entre 0,03 e 0,07 a.p.f.u.

Do conjunto de micas analisadas em todas as amostras nota-se que certa uniformidade composicional entre as diferentes micas, tanto na fengita quanto na paragonita. Os intervalos de variação, principalmente no K no caso da fengita e Na no caso da paragonita são relativamente amplos, o que sugere possíveis zonamentos químicos, hipótese esta que reforçada pela variação composicional para o campo da muscovita. Os valores de Si a fengita correspondem a valores típicos de metabasitos da fácies xisto azul, segundo Okay (1980) e El Shazly (1994), mas são consideravelmente mais baixos que o verificado por Sorensen (1986).

9.1.4 Clorita

As análises feitas em clorita não representam perfis composicionais, pois eles foram obtidos apenas para caracterizar a fase mineral. Normalmente a clorita é produto do retrometamorfismo nas rochas estudadas, estando comumente concentrada nas bordas ou como produto de substituição em planos de clivagem e fraturas de anfibólios sódicos. A composição da clorita é apresentada nos diagramas da Figura 9.13, no qual se pode observar que a maior parte dos grãos das amostras da fácies xisto azul corresponde à picnoclorita, segundo o esquema de classificação de Hey (1954).

Figura 9.13. Diagramas de classificação da clorita de rochas da fácies xisto azul região de Jambaló, segundo o diagrama de Hey (1954), nos quais se pode notar a composição de picnoclorita. Amostras: (A) 118, (B) 123A, (C) 124D e (D) 124F.

Figura 9.13 (continuação). Diagramas de classificação da clorita de rochas da fácies xisto azul região de Jambaló, segundo o diagrama de Hey (1954), nos quais pode-se notar a composição de picnoclorita. Amostras: (E) 124G, (F) 124J, (G) 124D e (H) 125J.

Os intervalos de variação de Fe^{2+} e Mg das análises de picnoclorita são apresentadas na Tabela 9.1.

Tabela 9.1. Intervalos de variação de Fe^{2+} e Mg em a.p.f.u. das análises classificadas no campo da picnoclorita segundo a proposta de Hey (1954).

	118	123A	124D	124F	124G	124J	125D	125J
Fe^{2+}	4,00 – 4,63	3,28 – 3,43	3,64 – 3,79	4,21 – 4,36	4,40 – 4,53	4,08 – 4,46	3,61 – 4,35	3,79 – 3,96
Mg	4,80 – 5,26	5,98 – 6,16	5,53 – 5,71	4,91 – 5,11	4,78 – 5,00	5,01 – 5,22	4,95 – 5,48	5,30 – 5,48

A clorita das amostras **124I** e **125H** têm composição de brunsvigita (Figura 9.14), segundo o esquema de classificação de Hey (1954).

Figura 9.14. Classificação da clorita das amostras (A) 124I e (B) 125H (rochas da fácies xisto azul da região de Jambaló), evidenciando composições de brunsvigita com variações para ripidolita no diagrama de Hey (1954).

Na amostra **124H** a composição da clorita corresponde à picnoclorita, com algumas análises de brunsvigita e de diabantita (Figura 9.15). Na amostra **129A** a composição predominante é de picnoclorita, com variações para ripidolita (Figura 9.15), segundo a proposta de classificação de Hey (1954).

Figura 9.15. Diagramas de classificação da clorita das amostras 124H e 129A, indicando composições predominantes de picnoclorita, com variações para brunsvigita (124H) ou ripidolita e diabantita (129A., segundo o diagrama de Hey (1954))

Os valores de Fe^{2+} (5,19 – 5,44 a.p.f.u.) da clorita da amostra 124I são menores que os da amostra 125H (5,48 – 6,10 a.p.f.u.) e os valores de Mg da amostra 124I (3,82 – 4,13 a.p.f.u.) são mais elevados do que os valores de Mg (2,67 – 3,43 a.p.f.u.) da amostra 125H, sendo que em ambas a clorita foi classificada como brunsvigita, segundo o esquema de Hey (1954).

A amostra 124H, que tem análises classificadas como picnoclorita e diabantita, os valores de Fe^{2+} variam entre 4,12 e 4,75 a.p.f.u. e o Mg entre 4,22 – 4,91 a.p.f.u. Na amostra 129A que tem análises no campo da picnoclorita e alguns no da ripidolita os valores de Fe^{2+} variam entre 3,69 e 4,25 a.p.f.u. e Mg entre 5,06 e 6,11 a.p.f.u.

9.1.5 Minerais do grupo do epidoto

A Comissão de Novos Minerais e Nomes de Minerais (*Commission on New Minerals and Mineral Names –CNMMN–*) recomenda fortemente os critérios ópticos para a diferenciação dos minerais do grupo do epidoto. Embora os testes ópticos (e.g. determinação de sinal óptico, orientação óptica e pleocroísmo) sejam úteis para a identificação preliminar das espécies, a mesma comissão recomenda o uso de análises de microsonda eletrônica para classificação do mineral (Armbruster *et al.* 2006).

Os minerais deste grupo foram normalizados considerando 12,5 (O).

Embora seja comum encontrar na petrografia epidoto e clinozoisita, as análises foram feitas em epidoto para as amostras **124**, **125D** e **125J**. Na amostra **124H** foi analisada clinozoisita.

Os valores de Fe^{3+} encontrados na amostra 124 variam entre 0,64 e 0,84 a.p.f.u. e o Mn^{3+} varia entre 0 e 0,02 a.p.f.u. Para a amostra 125D os conteúdos de Fe^{3+} variam entre 0,82 e 0,94 a.p.f.u., enquanto o Mn^{3+} varia entre 0,01 e 0,03 a.p.f.u. Na amostra 125J os valores de Fe^{3+} variam entre 0,56 e 0,77 a.p.f.u. e o Mn^{3+} varia entre 0,03 e 0,07 a.p.f.u.

A clinozoisita da amostra 124H tem Fe^{3+} variando entre 0,44 e 0,70 a.p.f.u. e Mn^{3+} entre 0,02 e 0,03 a.p.f.u.

9.1.6 Plagioclásio

Poucas análises deste mineral foram feitas nas amostras da fácies xisto azul da região e Jambaló, devido a um incipiente processo de sericitização concentrado no núcleo dos grãos e em porções intermediárias do plagioclásio nestas amostras. Todos os pontos obtidos correspondem a albita quase pura (Figura 9.16), mas com alguns dos pontos intermediários sugere-se que o zonamento observado na petrografia de algumas amostras seja de caráter normal.

Figura 9.16. Diagramas de classificação do plagioclásio das rochas na fácies xisto azul da região de Jambaló, onde Or = ortoclásio, Ab = albita e An = anortita.

Para a amostra **124I** o conteúdo de anortita obtido varia segundo $An_{0,4-2,6}$, enquanto na amostra **124J** este conteúdo é $An_{0,5-2,2}$; na amostra **129A** os valores de variação de são $An_{0,1-0,2}$ e na amostra **125H** varia segundo $Na_{0,2-0,4}$. Em algumas das amostras obtiveram-se valores para o núcleo com conteúdos de anortita próximos de An_{12} , mas devido ao fechamento de baixa qualidade não são apresentados na Figura 9.16.

9.1.7 Carbonato

O carbonato foi analisado nas amostras **121B** e **124F**, em pequenos cristais xenoblásticos disseminados ou intersticiais. Das análises de química mineral, observa-se carbonato de cálcio puro. Estas informações junto com os dados petrográficos permitem confirmar que se trata de calcita.

9.1.8 Titanita

As análises de química mineral feitas em diferentes grãos de titanita das amostras **121B**, **124D**, **124F**, **124G**, **124I**, **125C**, **125D**, **125H** e **125J**. Em todos os casos apresenta-se como uma fase pura.

9.2 Rochas da fácies xisto verde

As características químicas dos minerais das rochas desta fácies são apresentadas a seguir:

9.2.1 Anfibólio

Na amostra **107** as análises de anfibólios concentram-se principalmente no campo do sódico-cálcicos (Figura 9.17) com alguns dos pontos com composições de anfibólios cálcicos (Figura 9.17), segundo a divisão proposta por Leake *et al.* (1997). A composição é de barroisita com gradação para winchita e, internamente, observam-se composições de winchita mais pobre em Si (Figura 9.17). Algumas análises de anfibólios cálcicos têm composição de actinolita e uma análise é de magnésio-hornblenda. Estas transições entre os diferentes grupos de anfibólios sugerem zonamentos composicional e substituições do anfibólio e podem indicar que a rocha sofreu metamorfismo em pressões mais elevadas, cristalizando anfibólios mais ricos em Na, evoluindo até formar anfibólios mais cálcicos com a queda na pressão.

Figura 9.17. Diagramas de classificação dos anfibólios da amostra 107 nos quatro grupos principais (esquerda), dos anfibólios cálcicos (centro) e dos anfibólios sódico-cálcicos (direita). Todos os diagramas segundo Leake *et al.* (1997). No diagrama da esquerda nota-se que as algumas das análises plotam na borda porque o sítio A está totalmente preenchido.

Nas análises de anfibólio da amostra 107 os conteúdos de Ca nas bordas variam entre 1,10 e 1,58 a.p.f.u. e de Na entre 0,51 e 0,91 a.p.f.u. Para os pontos obtidos nas porções

intermediárias o Ca varia entre 1,09 e 1,63 a.p.f.u. e o Na entre 0,32 e 1,19 a.p.f.u. Nas análises feitas nas bordas, os conteúdos de Ca variam entre 1,16 e 1,53 a.p.f.u. e do Na entre 0,53 e 0,88 a.p.f.u. Essas variações do Na em intervalos relativamente amplos de variação são também indicativos do zonamento nos diagramas de classificação apresentados na Figura 9.17.

Na amostra **125A** os anfibólios são todos cálcicos, têm composição de actinolita (Figura 9.18) e mostram uma tendência de enriquecimento em sílica nos núcleos relativamente às bordas. Os conteúdos de Ca nas análises de borda variam entre 1,64 e 1,81 a.p.f.u. e de Na entre 0,15 e 0,47 a.p.f.u. As partes intermediárias têm Ca no intervalo entre 1,64 e 1,91 a.p.f.u. e o Na entre 0,04 e 0,32 a.p.f.u. Os núcleos apresentam conteúdos de Ca entre 1,65 e 1,76 a.p.f.u. e Na entre 0,24 e 0,49 a.p.f.u.

Figura 9.18. Diagramas de classificação dos anfibólios da amostra 125A nos quatro grupos principais (esquerda) e dos anfibólios cálcicos (direita). Os dois diagramas segundo Leake et al. (1997).

Em todas as amostras da fácies xisto verde da região de Jambaló pode-se avaliar a existência de substituição tschermakítica (Figura 9.19 A) predominante nos anfibólios, com alguma contribuição da substituição edenítica (Figura 9.19 B).

Figura 9.19. Diagramas representativos das substituições tschermakítica (A) e edenítica dos anfibólios analisados nas rochas da fácies xisto verde da região de Jambaló.

Figura 9.19 (continuação). Diagramas representativos das substituições ferro-pargasítica (C) e magnésio-pargasítica (D) dos anfibólios analisados nas rochas da fácies xisto verde da região de Jambaló.

As variações composicionais dos anfibólios também sugerem substituição magnésio-pargasítica (Figura 9.19 D) e, menos intensamente, ferro-pargasítica (Figura 9.19 C).

9.2.2. Granada

A granada foi analisada unicamente numa amostra desta fácies, pois esse mineral apresenta-se fortemente substituído, não permitindo a obtenção de perfis composicionais. Na amostra **113F** os perfis de zonamento são bem definidos, mesmo que as variações nos valores mínimos e máximos dos conteúdos de Fe^{2+} , Mg, Ca e Mn não sejam muito fortes. Na Figura 9.20 nota-se que os conteúdos de Fe^{2+} e Ca aumentam do núcleo para borda e o conteúdo de Mn diminui do núcleo para borda. O conteúdo de Mg apresenta um comportamento relativamente homogêneo nos perfis, mas notam-se pequenas diminuições nas bordas quando comparadas com os núcleos.

Figura 9.20. Padrão de zonamento dos principais cátions dos grãos de granada da amostra 113F. Os diagramas representam os pontos obtidos em perfis borda-núcleo-borda.

Embora os conteúdos dos principais componentes da granada apresentem-se semelhantes, o conteúdo de Fe^{2+} é muito maior que o dos cristais de granada das amostras da fácies xisto azul. Isso pode ser interpretado como devido ao aumento da temperatura sofrido pelas rochas na transição da fácies xisto azul para xisto verde.

A variação dos principais componentes da granada dessa amostra pode ser expressa em termos de almandina (Alm) + grossularia (Grs) + piropo (Pyp) + espessartita (Sps) da seguinte forma: $\text{Alm}_{50,94-58,53}\text{Grs}_{21,14-30,65}\text{Pyp}_{1,75-5,24}\text{Sps}_{10,93-23,82}$.

9.2.3 Clorita

A clorita foi analisada nas amostras **107C**, **108**, **113F** e **125A** e, geralmente, não puderam ser feitos perfis composicionais. Essas amostras apresentam uma heterogeneidade composicional semelhante ao observado nas amostras da fácies xisto azul, mas há uma maior concentração nos campos composicionais da brunsvigita e da picnoclorita (Figura 9.21A, B, C e D), como poucos dados do campo da picnoclorita e da ripidolita.

Na amostra 113F os conteúdos de Fe^{2+} variam entre 5,50 e 5,71 a.p.f.u. e o Mg entre 3,31 e 3,64 a.p.f.u. Para a amostra 107C os valores de Fe^{2+} variam entre 4,73 e 5,07 a.p.f.u. e o Mg entre 3,96 e 4,68 a.p.f.u. Já na amostra 108 os valores de Fe^{2+} estão no intervalo entre 4,00 e 4,63 a.p.f.u. e o Mg entre 4,80 e 5,44 a.p.f.u. Na amostra 125A a variação do Fe^{2+} está entre 3,98 e 4,17 a.p.f.u. e o Mg entre 4,73 e 5,11 a.p.f.u.

Figura 9.21. Diagramas de classificação da clorita segundo Hey (1954). Nas figuras observa-se que os pontos estão concentrados no campo da brunsvigita nas amostras 113F (A) e 107C (B) e no campo da picnoclorita nas amostras 108 (C) e 125A (D).

9.2.4 Mica branca

A mica branca foi analisada nas amostras 107, 107C e 113F. Em nenhum dos casos foram obtidos perfis composicionais.

Na amostra **107** as análises correspondem a fengita (Figura 9.22), segundo a classificação de Tischendorf (1997). A fengita da amostra **107** apresenta conteúdos de Si no intervalo entre 3,20 e 3,25 a.p.f.u., de K entre 0,77 e 0,90 a.p.f.u. e de Na entre 0,03 e 0,07 a.p.f.u.

Figura 9.22. Diagrama $[(Fe_t + Mn + Ti) - Al^{VI}]$ vs $(Mg - Li)$ de classificação das micas segundo Tischendorf (1997), no qual se apresenta a composição dos grãos de mica branca da amostra 107, que têm composição predominantemente fengítica.

As análises obtidas da amostra **107C** correspondem à fengita (Figura 9.23) segundo o esquema de classificação proposto por Tischendorf (1997). Os teores de Si obtidos variam entre 3,22 e 3,30 a.p.f.u., de K entre 0,58 e 0,85 a.p.f.u. e de Na entre 0,01 e 0,06 a.p.f.u.

Figura 9.23. Diagrama $[(Fe_t + Mn + Ti) - Al^{VI}]$ vs $(Mg - Li)$ de classificação das micas segundo Tischendorf (1997) no qual se apresenta a composição dos grãos de mica branca analisados na amostra 107C, que têm composição predominantemente fengítica.

Para amostra **113F** a mica branca foi igualmente classificada como fengita (Figura 9.24) de acordo com o esquema de Tischendorf (1997). Os teores de Si variam entre 3,18 e 3,28 a.p.f.u., os de K entre 0,84 e 0,89 a.p.f.u. e os de Na entre 0,01 e 0,08 a.p.f.u.

Figura 9.24. Diagrama $[(Fe_t + Mn + Ti) - Al^{VI}]$ vs $(Mg - Li)$ de classificação das micas segundo Tischendorf (1997), no qual se apresenta a composição dos grãos de mica branca da amostra 113F, que mostram a composição predominantemente fengítica.

9.2.5 Plagioclásio

O plagioclásio foi analisado somente na amostra **113F**. A composição é de albita essencialmente pura (Figura 9.25), com conteúdos de anortita que variam entre $An_{0,1-1,3}$.

Figura 9.25. Diagrama de classificação do plagioclásio da amostra 113F no qual se observam todas as análises concentradas no campo da albita. Or = ortoclásio, Ab = albita e An = anortita.

9.2.6 Rutilo e titanita

O rutilo é um mineral comumente encontrado nas amostras, tanto da fácies xisto azul como da fácies xisto verde. Às vezes apresenta-se uma relação de reação de ilmenita–rutilo–titanita, na

qual o rutilo constitui um anel intermediário ao redor da ilmenita que, por sua vez, é envolvido pela titanita. Mesmo assim, pelo reduzido tamanho dos cristais, foi possível obter dados analíticos de apenas uma amostra da fácies xisto verde (**113F**). Nas análises observa-se que corresponde a uma fase pura. A titanita foi unicamente analisada na amostra 107C e igualmente corresponde a um mineral em essência puro.

9.2.7 Epidoto

Foi obtido um perfil de epidoto na amostra **113F** o qual apresenta conteúdos de Fe^{3+} nas bordas que variam entre 0,61 e 0,63 a.p.f.u. e Mn^{3+} sem variação (0,01 a.p.f.u.). Nos pontos intermediários o Fe^{3+} varia entre 0,60 e 0,61 e o Mn^{3+} varia entre 0 e 0,01 a.p.f.u. Para os núcleos o conteúdo de Fe^{3+} varia entre 0,65 e 0,68 e o Mn^{3+} sem variação (0,02 a.p.f.u.). Estes sugerem um leve zonamento com empobrecimento dos conteúdos de Fe^{3+} do núcleo para a borda.

Na amostra **125A** os dados obtidos não correspondem a perfil composicional. Neste caso o Fe^{3+} varia entre 0,39 e 0,42 a.p.f.u. e o Mn^{3+} entre 0,01 e 0,02 a.p.f.u.

9.2.8 Estilpnomelano

As composições dos grãos analisados da amostra **107** apresentam-se relativamente homogêneas, pois os conteúdos de Fe^{2+} variam entre 3,46 e 3,66 a.p.f.u. o Mg entre 1,89 e 2,02 a.p.f.u. e o Mn entre 0,14 e 0,18 a.p.f.u.

10 QUÍMICA MINERAL DA REGIÃO DE BARRAGÁN

Nas rochas da fácies xisto azul foram analisados principalmente anfibólio sódico, pumpellyita, lawsonita, clorita, titanita, rutilo, epidoto, mica, plagioclásio e carbonato. Nas rochas da fácies anfibolito foram analisados essencialmente granada, anfibólio cálcico, titanita, plagioclásio, minerais do grupo do epidoto, clorita e rutilo. Todas as análises da química mineral encontram-se no Anexo IV.

10.1 Rochas da Fácies Xisto Azul

As características químicas dos minerais das rochas dessa fácies são apresentadas a seguir:

10.1.1 Anfibólio sódico

Os anfibólios analisados foram calculados assumindo 22(O).

Todos os anfibólios da amostra **196** são alcalinos (Figura 10.1), segundo o diagrama de Leake *et al.* (1997; 2004), e no diagrama de Miyashiro (1957) os anfibólios sódicos são caracterizados como glaucofânio (Figura 10.1). Mesmo com zonamento óptico observado na petrografia, as poucas análises obtidas na amostra 196 não permitem determinar precisamente os motivos desse zonamento, mas nota-se uma fraca tendência de empobrecimento em Mg e Fe das porções de núcleo e intermediárias para as bordas.

Figura 10.1. À esquerda é apresentado o diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 196 nos quatro grupos principais segundo Leake *et al.* (1997, 2004), indicando serem todos anfibólios alcalinos. No diagrama da direita pode ser observada a composição do anfibólio sódico no campo da série glaucofânio-riebeckita (Miyashiro, 1957), evidenciando sua composição de glaucofânio.

Os anfibólios da amostra 196 têm conteúdos de Na nas bordas variando entre 1,80 e 1,88 a.p.f.u.; nas partes intermediárias entre 1,74 e 1,81 a.p.f.u. e nos núcleos ao redor de 1,86 a.p.f.u.

O Ca varia entre 0,12 e 0,24 a.p.f.u. nas bordas, 0,18 e 0,28 a.p.f.u. nas porções intermediárias e no núcleo o valor é 0,14 a.p.f.u.

Na amostra **196D** os anfibólios plotam no campo dos alcalinos (Figura 10.2) segundo *Leake et al.* (1997, 2004) e no diagrama de Miyashiro (1957) as análises correspondem a glaucofânio (Figura 10.2), sem uma clara tendência evolutiva quando comparadas as análises borda–intermediário–núcleo.

Figura 10.2. À esquerda é apresentado o diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 196D nos quatro grupos principais segundo *Leake et al.* (1997, 2004), indicando serem todos anfibólios alcalinos. No diagrama da direita pode ser observada a composição do anfibólio sódico no campo da série glaucofânio–riebeckita (*Miyashiro, 1957*), evidenciando sua composição de glaucofânio.

Na amostra 196D os valores de Na encontrados nas análises de borda variam entre 1,91 e 1,57; nos pontos intermediários entre 1,65 e 1,85 a.p.f.u. e nos núcleos entre 1,74 e 1,84 a.p.f.u. O Ca nas bordas dos anfibólios tem concentrações entre 0,16 e 0,39 a.p.f.u.; nos pontos intermediários varia entre 0,14 e 0,30 a.p.f.u. e nos núcleos entre 0,19 e 0,29 a.p.f.u.

A amostra de xisto azul **197** tem também glaucofânio (Figura 10.3), com # Mg um pouco mais elevado relativamente à amostra 196, e com variações nos teores de sódio, com uma única análise situada no limite com o campo dos anfibólios sódico–cálcicos. Nota-se, apesar da sobreposição das análises, uma tendência de evolução para ferro-glaucofânio do núcleo para as bordas do mineral.

Na amostra 197 os conteúdos de Na os anfibólios variam entre 1,83 e 1,96 a.p.f.u. nas bordas dos cristais, entre 1,66 e 1,97 a.p.f.u. nas partes intermediárias e entre 1,41 e 1,98 a.p.f.u. Os conteúdos de Ca apresentam variação nas bordas entre 0,09 e 0,14 a.p.f.u., nas porções intermediárias entre 0,07 e 0,23 a.p.f.u. e nos núcleos entre 0,04 e 0,21 a.p.f.u. Uma análise apenas mostrou um alto teor de Ca (0,61), o que posiciona composicionalmente o anfibólio no limite dos campos dos anfibólios alcalinos e dos sódico–cálcicos. Apesar do intervalo de variação de Na seja de quase ~0,50 a.p.f.u., não há um claro padrão de zonamento dos cristais de

anfíbólio. Entretanto, pode-se deduzir que os núcleos são mais sódicos que as bordas, o que pode sugerir um evento de descompressão.

Figura 10.3. À esquerda é apresentado o diagrama de classificação dos anfíbólios da amostra 197 nos quatro grupos principais segundo Leake et al. (1997, 2004), indicando serem todos anfíbólios alcalinos. No diagrama da direita pode ser observada a composição do anfíbólio sódico no campo da série glaucofânio–riebeckita (Miyashiro, 1957), evidenciando sua composição de glaucofânio com a tendência para ferro-glaucofânio nas bordas.

A última amostra deste conjunto de fácies xisto azul, corresponde à **199**. Da mesma forma que nas outras analisadas encaixam na área dos anfíbólios alcalinos (Figura 10.4), exceto uma análise, que se posiciona no limite dos campos dos anfíbólios alcalinos e sódico–cálculos. Mesmo assim, foi identificado apenas glaucofânio (Figura 10.4), segundo o diagrama de Miyashiro (1957). Nessa amostra não há um claro zonamento núcleo–borda, apesar da variação na razão Fe³⁺/(Fe³⁺+Al).

Figura 10.4. À esquerda é apresentado o diagrama de classificação dos anfíbólios da amostra 199 nos quatro grupos principais, segundo Leake et al. (1997, 2004), indicando serem todos anfíbólios alcalinos. No diagrama da direita pode ser observada a composição glaucofânica do anfíbólio sódico no campo da série glaucofânio–riebeckita (Miyashiro, 1957).

Os conteúdos de Na obtidos nas análises nas bordas dos grãos apresentam uma variação entre 1,72 e 1,87 a.p.f.u., nas porções intermediárias entre 0,13 e 0,26 a.p.f.u. e nos núcleos entre 1,77 e 1,92 a.p.f.u. O Ca varia, respectivamente nas bordas, partes intermediárias e núcleos, de 0,13 a 0,26, 0,13 a 0,30 e 0,16 a 0,26 a.p.f.u. Uma análise feita no núcleo de um cristal apresentou um alto teor de Ca (0,65 a.p.f.u.), resultando num anfibólio com composição situada no limite entre os anfibólios alcalinos e os sódico-cálcicos.

10.1.2 Pumpellyita

A distribuição catiônica foi feita segundo a fórmula ideal $W_4X_2Y_4Z_6O_{21}(OH)_7$ de Coombs *et al.* (1976), onde W = Ca, X = Mg, Y = Al e Z = Si e desconsidera a presença de água na fórmula. Os conteúdos de Fe^{3+} foram calculados pelo método de Cortesogno *et al.* (1984), o qual assume 16 cátions por 24,5(O) anidro.

O intervalos de variação dos conteúdos de Si, Ca, Al e $Mg/Mg+Fe^{2+}$ obtidos para cada uma das amostras são apresentados na Tabela 10.1. Da tabela nota-se que em todas as amostras analisadas, os conteúdos de Si, Ca, Al, $Mg/Mg+Fe^{2+}$ apresentam teores relativamente homogêneos, o que permite caracterizar a pumpellyita como uma fase relativamente pura.

Tabela 10.1. Variação dos conteúdos de Si, Ca, Al e Mg# ($Mg/Mg+Fe^{2+}$) em a.p.f.u. na pumpellyita analisada nas rochas da fácies xisto azul da região de Barragán.

Cátion	196	196D	197	199	Cátion	196	196D	197	199
Si	6,00 – 6,08	6,00 – 6,07	6,00 – 6,10	6,00 – 6,04	Al	4,75 – 4,88	4,73 – 4,82	4,77 – 4,93	4,66 – 4,84
Ca	3,70 – 3,84	3,75 – 3,94	3,69 – 3,84	3,85 – 4,00	Mg#	0,70 – 0,83	0,70 – 0,80	0,65 – 0,77	0,78 – 0,90

Em termos gerais, a pumpellyita analisada apresenta substituições moderadas de Al_2O_3 por FeO pouca por MgO. Na Figura 10.5 apresentam diagrama Al_2O_3 –FeO–MgO da pumpellyita das diferentes amostras da região de Barragán, nos quais nota-se que a sua composição não apresenta variação composicional significativa.

Figura 10.5. Diagramas composicionais da pumpellyita de rochas da fácies xisto azul da área de Barragán, indicando a leve substituição de Al por Fe e a pouca influência do magnésio na substituição. **A.** Amostra 196 e **B.** Amostra 196D.

Figura 10.5 (continuação). Diagramas composicionais da pumpellyita de rochas da fácies xisto azul da área de Barragán, indicando a leve substituição de Al por Fe e a pouca influência do magnésio na substituição. **C.** Amostra 197 e **D.** Amostra 199.

10.1.3 Clorita

As análises feitas nas amostras da fácies xisto azul indicam que a composição da clorita varia entre as diferentes amostras. Devido ao reduzido tamanho dos grãos de clorita não foi possível a obtenção de perfis composicionais.

Na amostra **196D**, segundo a classificação de Hey (1954), está presente somente picnoclorita relativamente homogênea (Figura 10.6A); na **197** predomina picnoclorita, mas há variações para ripidolita (Figura 10.6B), e na **197A** a composição tende a se concentrar no limite entre os campos da picnoclorita e da ripidolita, com apenas uma análise de clorita mais rica em Si (Figura 10.6C).

Figura 10.6. Diagramas de classificação da clorita, segundo Hey (1954), nos quais observa-se que a maioria das análises correspondem a picnoclorita, com variações composicionais subordinadas para ripidolita.

Apesar das diferenças composicionais nas amostras, há certa homogeneidade nos valores de Mg da clorita de cada uma das amostras. As amostras 196D, 197A e 197 mostram,

respectivamente, variação de 5,37 a 6,03, de 5,51 a 6,04 e de 5,06 a 5,54 a.p.f.u., enquanto o Fe^{2+} varia entre 3,69 e 3,99, 3,04 e 3,84 e 3,65 e 4,33 a.p.f.u. Essas variações nos conteúdos de Fe^{2+} e Mg são, possivelmente, consequência de variações na temperatura durante o retrometamorfismo.

10.1.4 Lawsonita

A lawsonita, presente somente nas amostras **197** e **197A**, é uma fase quase pura, exceto por possíveis pequenas impurezas de Ti, com 0,01 a 0,02 a.p.f.u. na amostra 197 e 0,01 a 0,4 a.p.f.u. na amostra 197A. O conteúdo de Fe é muito baixo, variando entre 0,01 e 0,02 a.p.f.u.

10.1.5 Titanita e rutilo

As análises de química mineral feitas em diferentes grãos de titanita das amostras **196**, **196D**, **197A** e **199** indicam que o mineral é bastante puro. O rutilo, analisado apenas na amostra **197A**, é também uma fase relativamente pura.

10.1.6 Carbonato

Pequenos cristais de carbonato xenoblásticos, disseminados ou intersticiais, da amostra **196D** foram analisados, revelando ser carbonato de cálcio puro, o que, aliado com os dados ópticos, indicam ser calcita.

10.1.7 Minerais do grupo do epidoto

Foi analisado apenas clinozoisita das amostras **196** e **196D** e **199** e os conteúdos de Fe^{3+} variam, respectivamente, de 0,40 a 0,53, de 0,50 a 0,73 e de 0,55 – 0,81 a.p.f.u., enquanto o Mn^{3+} está abaixo do limite de detecção ($\sim 0,01$ a.p.f.u.) nas duas primeiras amostras e situa-se entre 0,01 e 0,04 a.p.f.u. na amostra 199.

10.1.8 Mica Branca

Mica branca foi analisada somente na amostra **196D** e sua composição corresponde à da fengita (Figura 10.7), segundo a classificação de Tischendorf (1997). Devido às dimensões dos grãos, não puderam ser obtidos perfis composicionais.

Figura 10.7. Diagrama $[(Fe_t + Mn + Ti) - Al^{VI}]$ vs $(Mg - Li)$ de classificação das micas, segundo Tischendorf (1997), no qual pode-se observar que a mica branca da amostra 196D de xisto azul da região de Barragán é representada pela fengita.

A fengita apresenta conteúdos de Si no intervalo 3,00 e 3,20 para cada 11(O) por unidade de fórmula. Esses valores são típicos de muitas metabásicas na fácies xisto azul (e.g. Okay, 1980; El Shazly, 1994), mas são consideravelmente mais baixos que outras regiões, como exemplificado por Sorensen (1986).

10.1.9 Plagioclásio

Embora tenha sido encontrado plagioclásio em várias amostras da fácies xisto azul, esse mineral foi analisado unicamente na amostra **199**, mas não foi possível a obtenção de perfis composicionais, até mesmo porque se trata de albita pura (Figura 10.8).

Figura 10.8. Classificação do plagioclásio em termos de Or-Ab-An da amostra 199, no qual se observa a composição de albita pura em todas as análises.

Entretanto, foram observados zonamentos composicionais na petrografia que não puderam ser identificados nos poucos pontos analisados.

10.2 Rochas da fácies anfibolito

A química mineral das rochas da fácies anfibolito é apresentada a seguir:

10.2.1 Anfibólio

Na amostra **187A** as análises obtidas indicam que o anfibólio é usualmente cálcico (magnésio-hornblenda), mas há ainda relíquias de anfibólio sódicos-cálcicos (barroisita) (Figura 10.9), segundo a classificação de Leake *et al.* (1997). A barroisita foi identificada tanto no núcleo como na borda de cristais de magnésio-hornblenda, indicando a evolução do anfibólio de composições mais alcalinas para as mais cálcicas durante o retrometamorfismo, o que sugere que as rochas tenham experimentado pressões mais altas antes de alcançar o equilíbrio na fácies anfibolito.

Figura 10.9. Diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 187A nos quatro grupos principais (esquerda), dos anfibólios cálcicos (centro) e dos anfibólios sódico-cálcicos (direita), segundo Leake *et al.* (1997), indicando composições de magnésio-hornblenda, com duas análises correspondentes a barroisita.

Na amostra **187B** todo anfibólio é magnésio-hornblenda (Figura 10.10). Não se nota nenhuma tendência de evolução núcleo-borda, pois as variações composicionais se sobrepõem.

Figura 10.10. Diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 187B nos quatro grupos principais (esquerda) e dos anfibólios cálcicos (direita), indicando composições de magnésio-hornblenda.

Na amostra **188** os anfibólios também são magnésio–hornblenda (Figura 10.11) e mostram grãos com composições distintas, mas tendência evolutiva semelhante em direção ao campo da actinolita, reflexo do retrometamorfismo.

Figura 10.11. Diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 188 nos quatro grupos principais (esquerda) e dos anfibólios cálcicos (direita), indicando composições de magnésio-hornblenda, com tendência evolutiva para actinolita. Os numeros 1 e 2 correspondem a grãos diferentes e as setas indicam a tendência evolutiva.

Com as análises obtidas para a amostra **189**, encontrou-se que os anfibólios pertencem ao grupo dos cálcicos (Figura 10.12), mas são também verificadas relíquias de anfibólio sódico–cálcico (Figura 10.12), segundo a classificação de Leake *et al.* (1997), identificados como magnésio-hornblenda e barroisita. Estas análises sugerem uma evolução de um anfibólio de mais alta pressão e mais enriquecido em Na no núcleo com uma tendência evolutiva para anfibólios de cálcico nas bordas. Já a magnésio-hornblenda mostra uma tendência evolutiva para ferro-hornblenda, possivelmente devido a variações na temperatura.

Figura 10.12. Diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 189 nos quatro grupos principais (esquerda), dos anfibólios cálcicos (centro) e dos anfibólios sódico–cálcicos (direita), indicando composições de magnésio-hornblenda e barroisita. A seta no diagrama central indica a possível tendência evolutiva da magnésio-hornblenda para ferro-hornblenda.

Na amostra **189A** os anfibólios estão todos igualmente dentro do grupo dos cálcicos (Figura 10.13), com composições de magnésio-hornblenda, segundo a classificação proposta por Leake *et al.* (1997). Embora não haja uma clara tendência de evolução do anfibólio nesta amostra, há uma leve indicação de variação composicional semelhante à verificada no anfibólio da amostra anterior, com gradação para o campo da ferro-hornblenda.

Figura 10.13. Diagrama de classificação dos anfibólios da amostra 189A nos quatro grupos principais (esquerda) e dos anfibólios cálcicos (direita), nos quais se notam as composições de magnésio-hornblenda.

De modo geral, todos os anfibólios aqui analisados são magnésio-hornblenda e mostram relíquias de anfibólios mais sódicos, cristalizados sob regimes de alta pressão. Os anfibólios cálcicos comumente apresentam linearidade entre as substituições tschermakítica e edenítica o que caracteriza a substituição pargasítica (Spear, 1995). Em todas as amostras da fácies anfibolito da região de Barragán pode-se verificar a existência de substituição tschermakítica (Figura 10.14A) predominante nos anfibólios, com algo de contribuição da substituição edenítica (Figura 10.14B). O conjunto de anfibólios analisados também sugere uma substituição magnésio-pargasítica (Figura 10.14C) e em menor proporção a ferro-pargasítica (Figura 10.14D). Principalmente a substituição tschermakítica e magnésio-pargasítica podem ser consideradas como o enriquecimento de Mg em detrimento do Na nos anfibólios cálcicos, como foi notado nas figuras apresentadas para os anfibólios analisados da região de Barragán.

○ 187A △ 187B □ 188 × 189 + 189A

Figura 10.14. Diagramas representativos das substituições tschermakítica (A), edenítica (B), ferro-pargasítica (C) e magnésio-pargasítica (D) dos anfibólios analisados nas rochas da fácies anfibolito da região de Barragán.

10.2.2 Granada

Um perfil composicional feito em um grão de granada da amostra **187A** apresenta um padrão de zonamento do Mg e do Mn muito marcado. O Mg apresenta-se empobrecido no núcleo e enriquecido na borda, de modo inverso ao que ocorre com o Mn. O Ca mostra uma distribuição relativamente uniforme, mas com pequenos aumentos na borda comparado com o núcleo, e o Fe^{2+} tem uma variação relativamente irregular, com dois picos de aumento nos pontos intermediários, mas pode-se notar um certo enriquecimento no núcleo e borda empobrecida (Figura 10.15).

A variação da composição da granada, expressa em termos de almandina (Alm) + grossularia (Grs) + piropo (Pyp) + espessartita (Sps) é: $\text{Alm}_{49,32-54,75}\text{Grs}_{28,32-31,95}\text{Pyp}_{7,82-13,43}\text{Sps}_{8,55-8,55}$.

Figura 10.15. Padrão de zonamento dos principais cátions da granada analisada na amostra 187A. O diagrama representa os pontos obtidos num perfil borda-núcleo-borda.

Na amostra **187B** foi analisado um único grão de granada. Esse apresenta um padrão de zonamento (Figura 10.16) diferente do observado na amostra 187A, pois o Ca apresenta uma borda mais pobre do que a outra, provavelmente devido à fase em contato ou nas proximidades, mas, de modo geral os teores das bordas são menores que os do núcleo. O Mg, apresenta um padrão inverso ao observado para o Ca, sendo que o núcleo é mais empobrecido do que as bordas, mas com uma borda mais rica em Mg do que a outra. O Mn apresenta um perfil de zonamento relativamente plano, mas com leves insinuações de um núcleo, mas enriquecido que as bordas. O Fe²⁺ apresenta irregularidade na sua distribuição, pois se observa um núcleo, mas enriquecido que as bordas, mas com leves aumentos e quedas no conteúdo deste cátion nos pontos intermediários.

A variação da composição dos principais componentes da granada da amostra 187B e pode ser expressada da seguinte forma: Alm_{52,71–57,17}Gr_{29,77–32,10}Pyp_{8,00–13,56}Sps_{1,18–5,90}

Figura 10.16. Padrão de zonamento dos principais cátions da granada analisada na amostra 187B. O diagrama representa os pontos obtidos num perfil borda-núcleo-borda.

Na amostra **188** o perfil feito em um único grão mostra uma complexa distribuição dos principais cátions (Figura 10.17). O Mn está enriquecido no núcleo, seguem-se pontos intermediários mais empobrecidos até chegar a bordas novamente enriquecidas. O Mg apresenta um comportamento totalmente oposto ao Mn, sendo que o núcleo apresenta-se mais empobrecido que os pontos intermediários e as bordas estão igualmente empobrecidas. O Ca apresenta um padrão de distribuição mais irregular, mas com o núcleo mais enriquecido seguido de pontos intermediários nos quais há uma queda no conteúdo deste elemento e antes de chegar à borda empobrecida. O Fe^{2+} apresenta um comportamento oposto ao observado para o Ca, pois nota-se um núcleo mais empobrecido seguido de pontos intermediários mais enriquecidos e uma das bordas mais enriquecida e outra mais empobrecida que o núcleo. A variação dos principais componentes da granada analisada na amostra 188 pode expressar-se da seguinte forma: $\text{Alm}_{54,74-60,44}\text{Grs}_{28,762-33,57}\text{Pyp}_{4,84-11,15}\text{Sps}_{1,07-8,98}$.

Figura 10.17. Padrão de zonamento dos principais cátions da granada analisada na amostra 188. O diagrama representa os pontos obtidos num perfil borda-núcleo-borda.

Na amostra **189** o perfil obtido em um grão de granada apresenta um zonamento relativamente irregular (Figura 10.18), onde o Mg apresenta um núcleo mais enriquecido que os pontos intermediários e que as bordas. O Mn apresenta um comportamento inverso ao do Mg, sendo que o núcleo apresenta-se mais empobrecido, seguido de pontos intermediários mais enriquecidos e finalizando nas bordas mais pobres. O Ca apresenta um padrão de distribuição relativamente homogêneo, com uma leve tendência de empobrecimento nas bordas. Já para o caso do Fe^{2+} apresenta-se certa irregularidade na sua distribuição, sendo o núcleo o mais empobrecido seguido de um aumento, uma diminuição, um posterior aumento até uma nova redução no seu conteúdo nas bordas. As variações dos principais componentes da granada nesta amostra se expressa da seguinte forma: $\text{Alm}_{44,83-52,02}\text{Grs}_{30,18-32,14}\text{Pyp}_{6,12-11,96}\text{Sps}_{5,32-14,36}$.

Figura 10.18. Padrão de zonamento dos principais cátions da granada analisada na amostra 189. O diagrama representa os pontos obtidos num perfil borda-núcleo-borda.

Na amostra **189A**, foi também feito um perfil composicional em um grão de granada (Figura 10.19).

Figura 10.19. Padrão de zonamento dos principais cátions da granada analisada na amostra 189A. O diagrama representa os pontos obtidos num perfil borda-núcleo-borda.

Esta amostra apresenta um padrão de zonamento com conteúdos Mn mais altos no núcleo do que nas bordas. O Mg apresenta uma distribuição com o núcleo mais empobrecido que as bordas. No caso do Ca, este se apresenta distribuição relativamente homogênea, tendo somente alguns pontos intermediários mais empobrecidos que as bordas estão levemente mais enriquecidas que o núcleo. O Fe²⁺ está mais empobrecido no núcleo que alguns pontos intermediários, os quais são por sua vez, mas enriquecidos que as bordas. A variação dos principais componentes da granada analisada na amostra 189 se expressa da seguinte forma:

Alm_{53,22-57,65}Grs_{26,72-30,38}Pyp_{6,64-13,62}Sps_{1,12-11,35}.

10.2.3 Plagioclásio

Poucas análises foram feitas neste mineral nas amostras da fácies anfibolito da região de Barragán. Estas análises estão representadas na Figura 10.20.

Figura 10.20. Diagrama de classificação do plagioclásio das rochas fácies anfibolito, onde Or = ortoclásio, Ab = albita e An = anortita.

A maior parte dos cristais está afetada por sericitização incipiente, o que não permitiu a obtenção de dados analíticos precisos do plagioclásio. Isso também impossibilitou a identificação de variações composicionais em perfis para determinação do zonamento observado na petrografia. Somente na amostra 189A foi possível analisar o núcleo do mineral, no qual se notam conteúdos de anortita que variam entre $An_{15,5-18,8}$. Os demais pontos obtidos nas bordas dos grãos correspondem a albita quase pura, o que permite sugerir que o zonamento observado na petrografia é normal. A variação dos conteúdos de anortita na amostra 187B está no intervalo entre $An_{0,9-1,7}$; na amostra 188 varia entre $An_{1,2-1,4}$ e na 189 entre $An_{0,5-4,1}$.

10.2.4 Minerais do grupo do epidoto

Foi analisada a clinozoisita das amostras **187A**, **189**, **189A** e **188** e zoisita na **187B**.

A clinozoisita possui teores de Fe^{3+} entre 0,10 e 0,16 a.p.f.u. na amostra 187A; de 0,10 e 0,15 a.p.f.u. na 189, de 0,11 e 0,13 a.p.f.u. na 189A e de 0,39 e 0,52 a.p.f.u. na 188, indicando uma relativa homogeneidade composicional. O Mn^{3+} somente apresenta-se detectável na amostra 187A (~0,01 a.p.f.u.).

A zoisita tem teor de Fe^{3+} 0,10 a 0,46 a.p.f.u. e de Mn^{3+} no limite de detecção ($\sim 0,01$ a.p.f.u.).

10.2.5 Clorita

A clorita das amostras da fácies anfibolito da região de Barragán é sempre produto do retrometamorfismo e foi analisada apenas pontualmente. Todas as análises indicam composição da ripidolita, com gradação para picnoclorita e a brunsvigita (Figura 10.21) nas amostras 189 e 189A, segundo a classificação proposta por Hey (1954).

Figura 10.21. Classificação da clorita, segundo Hey (1954), das rochas da fácies anfibolito da região de Barragán.

Os conteúdos de Fe^{2+} e Mg são relativamente homogêneos para as amostras 189 e 189A, enquanto a amostra 187B apresenta valores de Fe^{2+} mais baixos e Mg mais altos quando comparado com as anteriores. No caso da amostra **189**, o Fe^{2+} varia entre 4,44 e 4,57 a.p.f.u. e o Mg entre 4,56 e 4,68 a.p.f.u. A amostra **189A** apresenta valores de Fe^{2+} entre 4,52 e 4,58 a.p.f.u. e Mg entre 4,20 e 4,63%. Na amostra **187B** somente foi obtido uma análise, pois os grãos geralmente apresentam finas inclusões de minerais opacos e as análises não se mostraram de boa qualidade. Nessa análise o Fe^{2+} compõe 3,48 a.p.f.u. e o Mg 5,78 a.p.f.u.

10.2.6 Titanita e rutilo

A titanita foi analisada nas amostras 187A, 187B, 188, 189 e 189A. Em todos os casos apresenta-se como uma fase essencialmente pura. O rutilo foi analisado unicamente na amostra 187 e não apresenta impurezas na sua composição.

11 GEOTERMOBAROMETRIA: Conceitos, calibrações e aplicações

Geotermobarometria é o nome dado aos cálculos da pressão e da temperatura de formação dos minerais, obtidos a partir de uma constante de equilíbrio (Spear, 1989). Esta técnica pode ser aplicada às paragêneses ígneas, mas seu uso é mais generalizado no estudo das rochas metamórficas. As calibrações dos geotermômetros e geobarômetros são feitas de dois modos: o primeiro deles é o experimental, no qual as calibrações dependem das medidas em laboratório da constante de equilíbrio de uma determinada reação em função da temperatura e a pressão em experimentos, sob condições químicas controladas. No segundo, conhecido como calibrações empíricas, as medidas dependem da constante de equilíbrio em associações que ocorrem naturalmente, das quais, a temperatura e a pressão do equilíbrio são inferidas a partir de outros dados, como as paragêneses minerais ou dados de isótopos estáveis (Spear, 1989).

A hipótese fundamental na aplicação de alguma relação de equilíbrio é que as fases envolvidas estejam em equilíbrio. A confirmação dessa condição é difícil e, conseqüentemente, resulta na maior fonte de erros na aplicação dos geotermobarômetros, uma vez que, sempre é possível provar que as fases não estão em equilíbrio, mas é impossível provar se uma associação está em equilíbrio termodinâmico (Spear, 1989).

O fundamento da geotermobarometria baseia-se no fato de que a constante de equilíbrio de uma determinada reação, representada na equação (1), pode ser determinada pela medida da composição química dos minerais coexistentes aplicadas a modelos de atividade, desde que, as propriedades calorimétricas das substâncias sejam conhecidas. Uma constante de equilíbrio simples definiria uma linha em um diagrama P–T e, como os equilíbrios de *end-members* ou de diferentes minerais em paragênese apresentam-se como reações com diferentes taxas de inclinação nos diagramas P–T, a intersecção de dois equilíbrios pode ser usada para a estimativa das condições de pressão e temperatura do equilíbrio das reações e, portanto, da formação e/ou reequilíbrio dos minerais das rochas.

$$0 = \Delta H(T_R, P_R) + \int \Delta C_p dT - T(\Delta S(T_R, P_R)) + \int ((\Delta C_p/T)dT) + \Delta V_S(P - 1) + RT \ln K_{eq} \quad (1)$$

onde:

ΔH = Entalpia, T_R = Temperatura de referência, P_R = Pressão de referência, ΔC_p = Capacidade de troca de calor da reação, T = Temperatura, ΔS = Entropia, ΔV_S = Mudança de volume dos sólidos, P = Pressão, R = Constante dos gases, K_{eq} = Constante de equilíbrio.

Como geotermômetros são utilizados os equilíbrios pouco dependentes da pressão e como geobarômetros os equilíbrios que são relativamente insensíveis à temperatura.

Uma avaliação dos equilíbrios que podem ser utilizados na geotermometria e geobarometria pode ser feita examinando a dependência da pressão e da temperatura da constante de equilíbrio apresentada nas duas equações seguintes:

$$0 = [R \ln K_{eq} - (\Delta S(T_R, P_R) + \int (\Delta C_p/T)dT)]dT + \Delta V_S dP + R \ln K_{eq} \quad (2)$$

$$0 = \frac{(\Delta H(T_R, P_R) + \int \Delta C_P dT + \Delta V_S(P-1))}{T} dT + \Delta V_S dP + RT d\ln K_{eq} \quad (3)$$

Iniciando com a derivada total da lei de ação de massa obtém-se:

$$dP/dT (dP/dT)_{\ln K_{eq}} = \frac{R \ln K_{eq} - \Delta S(T_R, P_R) - \int ((\Delta C_P/T) dT)}{\Delta V} = \frac{(\Delta H(T_R, P_R) + \int \Delta C_P dT + \Delta V_S(P-1))}{T \Delta V} \quad (4)$$

$$(d\ln K_{eq}/dT)_P = \frac{R \ln K_{eq} - \Delta S(T_R, P_R) - \int ((\Delta C_P/T) dT)}{RT} = \frac{(\Delta H(T_R, P_R) + \int \Delta C_P dT + \Delta V_S(P-1))}{RT^2} \quad (5)$$

$$(d\ln K_{eq}/dP)_T = \frac{\Delta V_S}{RT} \quad (6)$$

Da equação 4, a inclinação de uma isopleta de K_{eq} resulta numa função da entropia e no volume de uma reação. Geralmente um equilíbrio com grande ΔS é relacionado a fortes inclinações de $R \ln K_{eq}$ e um equilíbrio com grande ΔV tem inclinações suaves. A dependência da pressão e da temperatura da constante de equilíbrio é tão importante como a inclinação da curva P - T para as determinações precisas da pressão e da temperatura. Como se pode deduzir das equações 5 e 6, um grande ΔH é necessário para uma alta dependência da temperatura e um grande ΔV é exigido para uma forte dependência da pressão, como pode ser visto na Figura 11.1.

Figura 11.1. Diagramas esquemáticos P - T mostrando equilíbrios com inclinações P - T representativas de reações utilizáveis como geotermômetros (**A**) e geobarômetros (**B**), segundo Spear (1989).

Segundo Spear (1989; 1993), as reações usadas como geotermômetros são as de troca catiônica (*exchange reactions*) e com base em *solvus* e como geobarômetros são usadas reações de transferência de cátions entre uma determinada assembléia de minerais (*net transfer*).

As reações de troca catiônica são utilizadas num grande número de geotermômetros, sendo os principais para rochas metamórficas os que envolvem a troca de Fe e Mg entre silicatos

coexistentes. As reações de troca geralmente apresentam um pequeno ΔV com um moderado ΔS e ΔH de forma que a isopleta da K_{eq} tem uma inclinação relativamente forte. A constante de equilíbrio para as reações de troca catiônica geralmente pode ser simplificada como uma relação de troca catiônica em uma fase dividida pela mesma relação na segunda fase (Spear, 1989). Esta formulação é definida como o coeficiente de distribuição (K_D). Assim, por exemplo, o coeficiente de distribuição para a troca de Fe e Mg entre as fases A e B é definida como $K_D = \frac{(Fe/Mg)_A}{(Fe/Mg)_B}$ (Spear, 1989).

No caso dos geotermômetros de *solvus*, várias calibrações têm como base a distribuição dos elementos através do *solvus*. Em muitos casos a frase “geotermometria *solvus*” é um nome equivocado porque o termo “*solvus*” restringe-se a fases isoestruturais e vários dos denominados “geotermômetros *solvus*” atualmente envolvem duas fases que não são isoestruturais, devendo, portanto, serem mais corretamente chamados geotermômetros de troca catiônica (Spear, 1989; 1993).

As reações de transferência de cátions entre uma determinada assembléia de minerais (*net transfer equilibria*) são excelentes geobarômetros, pois elas têm grandes variações de volume o que significa que são reações que causam produção e consumo das fases sendo, conseqüentemente, a constante de equilíbrio sensível às variações da pressão (Spear, 1989; 1993).

11.1 Geotermobarômetros internamente consistentes

A aplicação prática da termobarometria, entretanto, resulta em consideráveis incertezas, não apenas devido à dificuldade na definição e na identificação de minerais em equilíbrio termodinâmico, como também pelos diferentes dados termodinâmicos, variados modelos de atividade das fases e diversos modelos para estabelecimento das constantes de equilíbrio que têm sido utilizados na definição das calibrações dos geotermômetros e geobarômetros (Spear, 1993). Por esse motivo diversos autores começaram a utilizar um conjunto de termômetros e barômetros internamente consistentes como uma forma de obter estimativas de pressão e temperatura mais coerentes (e.g. Powell & Holland, 1985, 1988; De Capitani & Brown, 1987; Berman, 1988, 1991; Brown *et al.*, 1988, 1989; Connolly, 1990; Castelli, *et al.*, 1997). O conjunto de calibrações internamente consistentes utiliza os mesmos dados termodinâmicos e modelos de atividade para todas as fases ou foram calibrados usando o mesmo conjunto de dados empíricos (Spear, 1993). A consistência interna entre os conjuntos de calibrações assegura o grau no qual uma amostra está equilibrada. A consistência interna tem a tendência de eliminar, ou pelo menos identificar calibrações com grandes erros sistemáticos porque tem a tendência a permanecer visíveis (Spear, 1993). Essa técnica tem sido denominada como geotermobarometria com bancos de dados termodinâmicos internamente consistentes.

Neste trabalho foram usados os geotermobarômetros internamente consistentes apresentados no TWQ 1.02 (Berman, 1988, 1990)

11.2 Cálculos da região de Jambaló

Os cálculos geotermobarométricos foram feitos com o *software* TWQ 1.02 (Berman, 1988, 1991), por ser esse o único do conjunto que inclui os anfibólios. Esses cálculos possibilitam a determinação da pressão com uma precisão de ± 1 kbar e da temperatura de $\pm 50^\circ\text{C}$.

As amostras para esses cálculos foram selecionadas em função da presença de granada, anfibólio e plagioclásio, que resultam em cálculos mais precisos, e as análises químicas dos minerais encontram-se no anexo III.

As estimativas P–T foram feitas em minerais em paragênese ou em associações de minerais em um mesmo domínio microestrutural, buscando assim uma maior probabilidade de equilíbrio termodinâmico e uma maior coerência nos cálculos das condições de P e T responsáveis pela formação das diferentes rochas.

Os símbolos de minerais usados para os cálculos termobarométricos da região de Jambaló estão na Tabela 11.1.

Tabela 11.1. Símbolos de minerais usados nos cálculos termobarométricos da região de Jambaló, segundo Kretz (1983) e Spear (1993).

Ab	albita	Chl	clorita	Grs	grossulária	Pg	paragonita	Qtz	quartzo
Alm	almandina	Czo	clinozoisita	Jd	jadeita	Pmp	pumpellyita	Rt	rutilo
An	anortita	Dol	dolomita	Lws	lawsonita	Prg	pargasita	Tr	tremolita
Cal	calcita	Gln	glaucofânio	Ms	muscovita	Prp	piropo	Ts	tschermakita

Os cálculos geotermobarométricos foram feitos com as análises dos minerais de seis das amostras procurando sempre a presença de granada com mica, plagioclásio e glaucofânio.

Dentre as amostras selecionadas as 124I, 124J, 125H e 129A são da fácies xisto azul, a 124 é uma amostra da transição entre as fácies xisto azul e xisto verde e a 113F é da fácies xisto verde.

A amostra **124I** apresenta uma forte foliação milonítica, com porções mais ricas em glaucofânio e outras nas quais este mineral está quase totalmente ausente. Texturalmente a rocha é nematoblástica, com variações a nemato-lepidoblástica, em função do conteúdo de mica branca, e o quartzo e a albita eventualmente definem uma textura granoblástica. Nesta amostra foram feitas análises de granada, paragonita, albita e glaucofânio, mas nos cálculos termobarométricos foi usada a associação granada–paragonita–albita, que registrada as pressões e temperaturas máximas alcançadas pelo sistema. As estimativas da fração molar de CO_2 indicam um fluido formado praticamente somente por H_2O ($X_{\text{CO}_2} = 0,01$). A atividade da paragonita na mica branca foi estimada para esses cálculos em 0,08. Os resultados obtidos mostram pressões que variam entre 14,1 e 6,7 kbar e temperaturas entre 502 e 382°C (Figura 11.2). Nota-se claramente uma forte descompressão acompanhada por queda na temperatura, em concordância com o

evidenciado pela petrografia, que mostra geração de anfibólios sódico-cálcicos e cálcicos substituindo as bordas do anfibólio sódico.

Figura 11.2. Diagramas P–T obtidos para a amostra 124I, com análises de núcleos (esquerda) e bordas (direita) da associação granada–paragonita–plagioclásio–glaucofânio–quartzo, mostrando uma forte descompressão (13,7 – 7,4 kb) e uma queda na temperatura por encima de 100°C (498 – 392°C). Diagramas calculados com a_{Pg} na mica branca = 0,08.

A amostra **124J** também apresenta uma intensa foliação milonítica e uma textura nemato-lepidoblástica. Eventuais poiquiloblastos de granada estão disseminados na amostra, sendo que neles observam-se inclusões de quartzo, epidoto/clinozoisita e, mais raramente, zircão. O glaucofânio apresenta-se zonados, com núcleos mais intensamente pleocróicos que as bordas, e substituição por anfibólios sódico-cálcicos e cálcicos, principalmente nas bordas. Nesta amostra foram feitas análises em granada, mica branca, glaucofânio e plagioclásio e nos cálculos termobarométricos foi usada a mesma associação. A X_{CO_2} foi estimada em 0,028 e a atividade da paragonita na mica branca $a_{\text{Pg}} = 0,7$. Os cálculos termobarométricos resultaram em pressão muito alta, alcançando 16,9 kbar, a uma temperatura de 497°C (Figura 11.3), o que é um resultado com valores muito altos, possivelmente resultado da presença de paragonita junto a granada com alto conteúdo de Ca e glaucofânio.

Figura 11.3. Diagrama P–T obtido para a amostra 124J, com análises de núcleos da associação granada–paragonita–plagioclásio–glaucofânio–quartzo, mostrando uma pressão alta (16,9 kb) e uma temperatura de 497°C. Diagramas calculados com a_{Pg} na mica branca = 0,7.

Outros cálculos feitos com os minerais da amostra 124J mostram a pressão entre 13,9 e 7,4 kbar e temperatura entre 454 e 371°C (Figura 11.4). Esses cálculos são coerentes com os da amostra 124I que, mesmo sendo amostras do mesmo afloramento e com valores relativamente altos, indica que as transições dos anfibólios sódicos para sódico-cálcicos e para cálcicos na bordas, são produto de um evento de forte decompressão relacionado à exumação dos xistoas azuis durante o desenvolvimento da foliação milonítica.

Figura 11.4. Diagramas P–T obtidos para a amostra 124J, com análises de núcleos (esquerda) e bordas (direita) da associação granada–paragonita–plagioclásio–glaucofânio–quartzo, mostrando uma forte decompressão (13,9 – 7,4 kb) e uma queda na temperatura de quase 100°C (454 – 371°C). Diagramas calculados com a_{Pg} na mica branca = 0,7.

A amostra **125H** apresenta além da foliação milonítica, uma cristalização radiada de glaucofânio, indicando a existência de um período de cessamento ou redução da deformação na zona de cisalhamento, ainda sob condições metamórficas de alta pressão. Alguns porfiroblastos de granada associados foram cristalizados durante a geração da foliação milonítica.

Da mesma forma que nas amostras anteriores, as análises foram concentradas em granada, mica branca, plagioclásio e glaucofânio, utilizando as estimativas de $X_{CO_2} = 0,05$ e de atividade de paragonita na mica branca de $a_{Pg} = 0,01$. Esta amostra apresenta também uma forte queda na pressão do núcleo (13,7 a 7,4 kbar) para as bordas dos cristais, mas com pequenas variações na temperatura (535 a 511°C) (Figura 11.5), sugerindo que a cristalização estática de glaucofânio pode estar associada à colocação de corpos ígneos na zona de cisalhamento durante a exumação.

Figura 11.5. Diagramas P - T obtidos para a amostra 125H, com análises de núcleos (esquerda) e bordas (direita) da associação granada-paragonita-plagioclásio-glaucofânio-quartzo, mostrando uma forte descompressão (13,7 – 7,4 kb) e uma pequena queda na temperatura (535 – 511°C). Diagramas calculados com a_{Pq} na mica branca = 0,01.

Na amostra **129A** as análises de química mineral foram concentradas no glaucofânio, mica branca, clorita e plagioclásio. Mesmo com a ausência de granada, que dificulta os cálculos termobarométricos, a presença da clorita permitiu a obtenção de bons equilíbrios. Os cálculos feitos com $X\text{CO}_2 = 0,1$ e atividade da pargonita em mica branca $a_{\text{Pg}} = 0,03$, mostram equilíbrio, sendo que não há muita variação quando analisados os núcleos e as bordas dos minerais, que resultaram, respectivamente, em 9,9 kbar e 416°C e 9,2 kbar e 369°C (Figura 11.6). A clorita nesta amostra pertence à associação de minerais retrometamórficos e formou-se principalmente a expensas do glaucofânio, sugerindo um reequilíbrio entre a fácies xisto azul e xisto verde e, como conseqüência da perda da herança química de mais alta pressão dos minerais, pode haver certo equilíbrio da borda do glaucofânio em contato com a clorita que o substitui.

Figura 11.6. Diagramas P – T obtidos para a amostra 129A, com análises de núcleos (esquerda) e bordas (direita) da associação paragonita–plagioclásio–glaucofânio–clorita–quartzo, mostrando uma pequena descompressão (9,9 – 9,2 kb) e uma queda pequena na temperatura (416 – 369°C). Diagramas calculados com a_{Pg} na mica branca = 0,03.

A amostra **124**, que corresponde à transicional da fácies xisto azul para a fácies xisto verde, apresenta textura nemato-lepidoblástica, com uma forte foliação milonítica S_{n+1} . Na amostra há domínios com concentração de glaucofânio, localmente porfiroblástico, sempre parcialmente substituídos por anfibólio sódico–cálcico e com bordas de anfibólio cálcico, e domínios onde praticamente não ocorre glaucofânio, enriquecida em clorita e com porfiroblastos de albita com uma foliação interna, definida pelo arranjo dos minerais opacos paralelamente à foliação externa.

Nessa amostra as análises foram concentradas no glaucofânio, mica branca, albita e clorita e, embora existam dois diferentes domínios mineralógicos. Os cálculos feitos em associações de núcleos apresentam mais altas pressões e temperaturas que as associações de bordas, utilizando-se $XCO_2 = 0,01$ e atividade da paragonita em mica branca $a_{Pg} = 0,07$, resultaram em pressões variando entre 7,5 e 6,2 kbar e temperaturas entre 458 e 424°C (Figura 11.7).

Figura 11.7. Diagramas P – T obtidos para a amostra 124, com análises de núcleos (esquerda) e bordas (direita) da associação paragonita–plagioclásio–glaucofânio–clorita–quartzo, mostrando uma descompressão (9,9 – 9,2 kb) e uma queda pequena na temperatura (458 – 424°C). Diagramas calculados com a_{Pg} na mica branca = 0,01.

A amostra **113F** corresponde à fácies xisto verde. A rocha apresenta uma textura nemato-lepidoblástica que define uma foliação milonítica S_n . O anfibólio apresenta um leve zonamento, com núcleos mais intensamente pleocróicos que as bordas. Granada ocorre disseminada e em pouquíssima quantidade, sendo geralmente límpida, muito embora alguns dos grãos apresentem pequenas inclusões de quartzo e minerais opacos.

Nesta amostra, as análises foram concentradas na granada, anfibólio, plagioclásio e mica. Os resultados obtidos, considerando-se as estimas de $XCO_2 = 0,01$ e atividade da paragonita na mica branca $a_{Pg} = 0,03$, indicam núcleos formados em mais altas pressões e menores temperaturas que as bordas com, respectivamente, 8,2 kbar e 463°C e 6,6 kbar e 500°C (Figura 11.8).

Figura 11.8. Diagramas P - T obtidos para a amostra 113F, com análises de núcleos (esquerda) e bordas (direita) da associação granada-mica branca-albita-clorita-quartzo, mostrando uma descompressão (8,2 – 6,5 kb) e um aumento pequeno da temperatura (463 – 500°C). Diagramas calculados com a_{Pg} na mica branca = 0,01.

O conjunto dos dados, juntamente com as trajetórias retrometamórficas das amostras individuais (Figura 11.9) indicam que os xistos azuis de Jambaló foram formados em pressões relativamente altas e sofreram inicialmente uma forte descompressão aproximadamente isotérmica, a qual pode ser associada à sua exumação causada numa zona de cavalgamento, o que propiciou a formação da foliação milonítica registrada nas rochas. Nota-se também que xistos azuis de níveis crustais semelhantes foram formados em temperaturas variáveis, com $\sim 80^\circ\text{C}$ de diferença, indicando fortes anomalias e heterogeneidades das isothermas na crosta, em especial na amostra 125H, que apresenta a maior temperatura na formação inicial dos minerais.

A maior pressão encontrada na amostra, apesar de ser exagerada por causa das paragéneses, principalmente pelo alto conteúdo de Na no glaucofânio e Ca na granada, mostra uma tendência evolutiva coerente com as demais amostras.

A parte final da evolução das rochas mostra-se mais complexa, sendo observados três padrões.

O primeiro deles, definido pelas amostras 124I e 124J e pela rocha transicional entre as fácies xisto azul e xisto verde, exhibe uma trajetória de exumação acompanhada por resfriamento, típica de terrenos Franciscanos. A segunda, definida pela amostra 125H, inicia-se em temperaturas mais altas e sofre relativamente pouca queda na temperatura, culminando sua evolução com a evolução dos xistos verdes, que tem por sua vez sua evolução final marcada pelo aumento da temperatura.

Essas trajetórias poderiam ser indicativas de uma exumação mais lenta, propiciando a recomposição das isothermas, mas a proximidade das amostras (Figura 11.9), a despeito das

descontinuidades introduzidas pelo cisalhamento, são muito próximas e sugere que o aquecimento pode ser devido à intrusão de rochas ígneas, ou à introdução de uma lasca mantélica mais aquecida nos xistos azuis, durante a exumação.

Por fim, a trajetória definida pela amostra 129A, evidencia um forte resfriamento, acompanhado por uma taxa de descompressão menor que as demais rochas. A posição da amostra sugere que esses xistos azuis foram colocados tectonicamente sobre as rochas ultramáficas, estando, potencialmente, originalmente num nível crustal mais raso e, por estarem sobre as ultramáficas que podem ter aquecido os xistos durante da exumação, podem ter sido resfriados mais eficientemente que as rochas mais profundas.

Figura 11.9. Conjunto das trajetórias das amostras individuais da região de Jambaló no qual se observa que as amostras 124I, 124J, 125H apresentam uma forte descompressão. A amostra 129A apresenta uma pequena queda na pressão acompanhada de uma queda forte na temperatura. A amostra 124 apresenta um padrão similar ao da 129A, mas com uma queda menor de temperatura e a amostra 113F apresenta queda na pressão com aumento na temperatura. No diagrama os pontos indicam a interseção de alguns dos equilíbrios obtidos nas amostras.

11.3 Cálculos da região de Barragán

Os cálculos geotermobarométricos foram feitos com o *software* TWQ 1.02 (Berman, 1988, 1991), por ser esse o único do conjunto que inclui os anfibólios. Esses cálculos possibilitam a determinação da pressão com uma precisão de ± 1 kbar e da temperatura de ± 50 °C.

As amostras para esses cálculos foram selecionadas em função da presença de granada, anfibólio e plagioclásio, que resultam em cálculos mais precisos, e as análises químicas dos minerais encontram-se no Anexo IV.

As estimativas P–T foram feitas em minerais em paragênese ou em associações de minerais em um mesmo domínio microestrutural, buscando assim uma maior probabilidade de equilíbrio termodinâmico e uma maior coerência nos cálculos das condições de P e T responsáveis pela formação das diferentes rochas.

Os símbolos de minerais usados para os cálculos termobarométricos da região de Barragán estão na Tabela 11.2.

Tabela 11.2. Símbolos de minerais usados nos cálculos termobarométricos da região de Barragán, segundo Kretz (1983) e Spear (1993).

Ab	albita	Chl	clorita	Grs	grossulária	Pg	paragonita	Qtz	quartzo
Alm	almandina	Czo	clinozoisita	Jd	jadeita	Pmp	pumpellyita	Rt	rutilo
An	anortita	Dol	dolomita	Lws	lawsonita	Prg	pargasita	Tr	tremolita
Cal	calcita	Gln	glaucofânio	Ms	moscovita	Prp	piropo	Ts	tschermakita

Duas amostras (189 e 189A) região de Barragán foram selecionadas para os cálculos termobarométricos, ambas da fácies anfibolito.

A amostra **189** apresenta uma textura nematoblástica que define a foliação principal da rocha e, eventualmente os grãos de anfibólio mostram um pleocroísmo mais acentuado no núcleo. Mais raramente observa-se no núcleo dos cristais um pleocroísmo azul-claro, característico de anfibólios sódicos. Entretanto, as análises em microsonda eletrônica não confirmaram a presença de minerais da serie glaucofânio–riebeckita, tendo sido observados apenas uma análise de núcleo e outra intermediária no campo da barroisita e os demais pontos no campo da magnésio-hornblenda. A granada apresenta-se sempre fraturada e com inclusões de minerais opacos e quartzo. Algumas vezes concentra-se plagioclásio nas bordas da granada, sempre de composição próxima da albita pura. Clinozoisita acompanha a textura nematoblástica e a foliação principal S_{n+1} .

Devido à presença de calcita e/ou dolomita na amostra 189, foi calculada a fração molar de CO_2 . Neste caso foi fixada a pressão em 10 kbar e simplificou-se o sistema da mesma forma que foi feito com o cálculo dos equilíbrios da associação granada–anfibólio. A fração molar de CO_2 nesta pressão está perto de 0,92, mas com a variação da pressão pode diminuir até 0,90. Na Figura 11.10, apresenta-se o cálculo feito para a fração molar de CO_2 desta amostra. Embora as reações a dolomita possam representar a devolatilização para formação de anfibólios, que comumente ocorre em *BIFs* e paranfibolitos, pode também ser um componente importante de rochas em fácies anfibolito e eclogito com protolito ígneo (Zhang *et al.* 2003).

Figura 11.10. Diagrama representativo do cálculo da fração molar de CO_2 das rochas na fácies anfibolito de Barragán, em $P = 10$ kbar usando a associação granada-anfibólio-dolomita-quartzo da amostra 189, indicando equilíbrio em 679°C a X_{CO_2} de 0,94.

Um dos cálculos obtidos com análises de núcleos da associação granada-anfibólio, amostra 189 mostrou a pressão mais alta do conjunto de rochas da fácies anfibolito, indicando a possibilidade das rochas desta região terem alcançado a fácies eclogito. A pressão obtida para o ponto alcançou os 15 kbar e uma temperatura de 639°C (Figura 11.11).

Figura 11.11. Diagrama P - T obtido para os núcleos dos minerais da amostra 189 da associação granada-pargasita-clinozoisita-dolomita-quartzo, o qual apresenta a pressão mais alta do conjunto de rochas da fácies anfibolito da região de Barragán.

Utilizando-se as composições dos núcleos e bordas da granada e do anfibólio foram obtidas temperaturas entre 634 e 665°C e pressões entre 14,3 e 9,2 kbar respectivamente (Figura

11.12), indicando que a rocha sofreu uma descompressão isotérmica quando do desenvolvimento da foliação S_{n+1} .

Esses dados indicam que as rochas da unidade provavelmente alcançaram à fácies eclogito, quando houve a cristalização de anfibólio pargasítico em paragênese com granada rica em piropo. Posteriormente essas rochas sofreram uma forte descompressão aproximadamente isotérmica, com leve aquecimento, sugerindo uma possível presença de intrusões sin- a tardi-cisalhamento que não têm sido encontrados na região.

Figura 11.12. Estimativa das condições P - T de formação da amostra 189, com análises de núcleos (esquerda) e bordas (direita) da associação granada-pargasita-clinozoisita-dolomita-quartzo.

A amostra **189A** também apresenta textura nematoblástica orientada segundo a foliação milonítica da rocha. Esta textura é normalmente acompanhada por cristais subidioblásticos prismáticos de clinozoisita. Em algumas porções da rocha o anfibólio mostra bordas mais pleocróicas do que o núcleo e, tal qual a amostra 189, alguns grãos podem apresentar o núcleo com pleocroísmo azul-claro, embora nesta amostra esses núcleos não tenham sido analisados. A granada apresenta-se porfiroblástica, por vezes poiquiloblástica, sempre fraturada e com inclusões de quartzo, opacos e, às vezes, de plagioclásio. Plagioclásio, sempre de composição próxima da albita pura, mas com baixos conteúdos de anortita, substitui as bordas da granada. A milonitização nesta amostra, embora presente, não é muito forte.

Nesta amostra, as análises de química mineral foram concentradas na granada, anfibólio e plagioclásio. A XCO_2 para essa amostra, estimada a 10 kbar foi de 0,80. Os cálculos dos equilíbrios obtidos para a amostra 189A mostram-se semelhantes aos da amostra 189, sendo que

os núcleos dos minerais resultam em pressões um pouco mais elevadas e temperaturas um pouco menores, quando comparados com as composições das bordas. Assim, foram obtidas, respectivamente para núcleos e bordas, pressões variando de 14 e 13 kbar e temperatura de 632 e 640°C (Figura 11.13). Considerando-se que essa rocha foi pouco afetada pela foliação milonítica, essas condições P–T podem ser interpretadas como sendo do evento metamórfico que antecedeu a exumação e a foliação milonítica que chega a formar rochas de baixo grau metamórfico. Esses resultados são coerentes com os obtidos para os núcleos dos minerais da amostra 189 e são indicativos do pico metamórfico que afetou essas rochas, situado na transição da fácies anfibolito para a fácies eclogito e, mais provavelmente, tendo alcançado até a fácies eclogito.

Figura 11.13. Diagramas P-T obtidos para a amostra 189A, com análises de núcleos (esquerda) e bordas (direita) dos minerais, da associação granada–tremolita–tschermakita–plagioclásio–quartzo.

As paragêneses das rochas da fácies xisto azul de Barragán, pela ausência da granada, não são as mais apropriadas para estimativas termobarométricas com base em bancos de dados termodinâmicos internamente consistentes (Rubatto, 2002).

Apenas a amostra **196D** foi usada para cálculos termobarométricos utilizando o programa TWQ 1.02, por se a única na qual foram obtidos dados de química mineral em todas as fases. A amostra apresenta textura nematoblástica definida pelos cristais de glaucofânio, pumpellyita e clinozoisita e, em algumas partes, a textura predominante e nemato-lepidoblástica, devido à maior abundância de mica branca e clorita. Localmente ocorrem finos cristais de lawsonita disseminados.

Nesta amostra as análises de química mineral foram concentradas em mica branca, glaucofânio, pumpellyita, lawsonita e clinozoisita e essa mesma associação foi utilizada para a estimativa de pressão e temperatura de geração da rocha.

Os resultados dos cálculos termobarométricos evidenciam bons equilíbrios e praticamente não há diferenças nas condições P–T dos núcleos para as bordas, que são, respectivamente, de 9,5 kbar e 399°C e 9,3 kbar e 397°C (Figura 11.14).

Figura 11.14. Diagramas P–T obtidos para a amostra 196D, com análises de núcleos (esquerda) e bordas (direita) da associação paragonita–glaucofânio–pumpellyita–lawsonita–clinozoisita–quartzo.

A pressão e a temperatura de formação dos xistos azuis podem também ser estimadas pelas reações que resultaram na cristalização dos minerais, deduzidas pela petrografia, em comparação com estimativas feitas por outros autores em rochas semelhantes de outros lugares.

Assim, para as rochas com lawsonita, clorita e abundante titanita, pode-se inferir que se o rutilo inicialmente estava em excesso em relação à titanita e o ferro presente na clorita poderia reagir com a titanita e com o rutilo, resultando na cristalização de lawsonita, restando titanita como inclusões, e rutilo + ilmenita na matriz (Shau *et al.*, 1991; Fitzherbert *et al.*, 2003). Essas associações e texturas foram observadas nas amostras do afloramento 197, especialmente na amostra 197A, o que permite inferir, segundo os autores citados, que essas rochas se formaram em pressões próximas de 8 kbar e temperaturas da ordem de 300°C.

A associação de lawsonita com glaucofânio, clorita, calcita/aragonita e pumpellyita é considerada como formada em pressões litostáticas entre 6,5 e 8 kbar, em altas pressões de fluidos, a temperaturas no intervalo entre 200 e 300°C (Deer *et al.*, 1986). Além disso, a reação envolvendo lawsonita e glaucofânio apresentada adiante, teve seu intervalo de P–T definido por Deer *et al.* (1986) ao redor de 5 – 7 kbar e 250 – 400°C.

Segundo Shau *et al.* (1991), a seguinte reação caracteriza a transição da fácies xisto azul para o xisto verde:

Essa reação processa-se a ~9 kbar e ~350°C, ou a pressões ainda menores sob baixas pressões parciais de H₂O.

Considerando as reações apresentadas, e comparando com a mineralogia observada para o conjunto de rochas da fácies xisto azul da região de Barragán, sugere-se que o metamorfismo desta fácies observado na área tenha um registro que varia de ~9 kbar e ~350°C e ~5 kbar e 250°C.

A trajetória metamórfica registrada nas rochas da fácies anfibolito indica uma forte descompressão e leve aquecimento durante a exumação de, possivelmente, eclogitos ou rochas transicionais entre as fácies eclogito e anfibolito alto (Figura 11.15).

Figura 11.15. Conjunto das trajetórias das amostras da região de Barragán no qual se observa uma descompressão forte com aumentos leves na temperatura nas rochas da fácies anfibolito (189 – 189A) e uma leve descompressão e queda na temperatura na amostra 196D. No diagrama os pontos indicam a interseção de alguns dos equilíbrios obtidos nas amostras e as setas pontilhadas representam trajetórias tentativas.

Essa exumação está associada ao desenvolvimento da zona de cisalhamento impressa nas rochas como a foliação S_{n+1}. O xisto azul estudado tem as composições de núcleo e de borda dos minerais muito semelhantes, mas mesmo assim, uma leve descompressão e um leve resfriamento podem ter afetado essas rochas, sugerindo uma trajetória semelhante à das rochas da fácies anfibolito. Essas trajetórias podem ser interpretadas como devidas à exumação de rochas de alta pressão estratificadas, com eclogitos em níveis mais profundos, capeados por xistos azuis, desenvolvidos em uma seqüência vulcano-sedimentar oceânica, com basaltos do tipo

MORB. As evidências petrográficas indicam que as paragêneses da fácies xisto azul e anfibolito foram retrometamorfisadas até a fácies xisto verde com cristalização principalmente de anfibólio cálcico e clorita como tentativamente indicado na Figura 11.15. Nesse contexto, os serpentinitos situados a oeste das rochas da fácies anfibolito poderiam representar lascas tectônicas do manto, arrancadas durante o evento de exumação das rochas de alta pressão.

12 GEOQUÍMICA DA REGIÃO DE JAMBALÓ

As rochas de composição básica normalmente refletem as características químicas da fonte mantélica onde foram geradas e essas características, juntamente com o grau de fusão parcial original, resultam em assinaturas geoquímicas que podem ser usadas para definir o ambiente tectônico magma primário foi gerado (Pearce, 1982; Sun & McDonough, 1989; Wilson, 1989).

O estudo do quimismo dos metabasitos, em analogia às rochas básicas, é comumente utilizado na definição da natureza dos magmas, bem como do ambiente tectônico no qual eles se formaram. Essa aplicação para rochas metamórficas fundamenta-se na pequena mobilidade dos elementos de HFSE (Ti, Th, Ta, Zr, Y, Nb, P e Hf), dos metais transicionais (Cr, Ni e V), das terras raras (REE) e de alguns elementos maiores sob a forma de óxidos (SiO₂, MgO, CaO e MnO) durante a maioria dos eventos metamórficos e, eventualmente, durante alterações hidrotermais de fundo oceânico e associadas a eventos ígneos (Pearce & Cann, 1973; Winchester & Floyd, 1977, Beccaluva *et al.*, 1979; Juliani & McReath, 1993; McLennan *et al.*, 1993). Inversamente, segundo Winchester & Max (1989), os elementos de raio iônico grande (Cs, Rb, Sr e Ba) e o K são potencialmente móveis nos eventos metamórficos, razão pela qual o seu uso em diagramas discriminantes pode resultar em erros interpretativos.

Foi também analisado um epidosito e uma amostra de estilpnomelano-muscovita-albita-anfibólio-quartzo xisto. A primeira dessas rochas, mesmo que possa ter tido um protolito ígneo ou vulcanoclástico básico a intermediário, foi profundamente afetada por alteração hidrotermal, razão pela qual essa não será considerada na análise dos protolitos e do ambiente tectônico de formação. O mesmo se aplica para o estilpnomelano-muscovita-albita-anfibólio-quartzo xisto que representa, possivelmente, um metassedimento com contribuição de tufos máficos e/ou de precipitados químicos associado às rochas vulcânicas/vulcanoclásticas.

As rochas derivadas de protolitos ígneos ou vulcanoclásticos mostram teores de SiO₂ variando de ~49 a 59% (Tabela 12.1) indicando, a despeito de possíveis alterações no quimismo introduzidas por hidrotermalismo e metassomatismo pré- a pós-metamórfico, composições básicas relativamente evoluídas a típicas rochas intermediárias. Essa associação distingue-se dos metabasitos de Barragán, que são predominantemente pouco evoluídos e não chegam a constituir típicas rochas intermediárias. As análises químicas completas encontram-se no Anexo V.

Tabela 12.1. Teores SiO₂ dos metabasitos e meta-intermediárias da região de Jambaló.

Amostra	Fácies	SiO ₂	Tipo de rocha	Amostra	Fácies	SiO ₂	Tipo de rocha
107*	Xisto verde	59,27	Metapelito	121C	Xisto azul	50,94	Metabásica
107A	Xisto verde	49,06	Metabásica	123A	Xisto azul	50,42	Metabásica
107B	Xisto verde	58,12	Meta-intermediária	124G	Xisto azul	56,90	Meta-intermediária
109A**	Xisto verde	38,27	Epidosito	124J	Xisto azul	52,01	Meta-intermediária
114	Xisto verde	55,16	Meta-intermediária	125M	Xisto azul	56,33	Meta-intermediária
121B	Xisto azul	51,74	Metabásica	129A	Xisto azul	51,42	Metabásica

* **107** estilpnomelano-muscovita-albita-anfibólio-quartzo xisto e ** **109A** epidosito.

O diagrama de Miyashiro (1975) discrimina as amostras que sofreram alterações no conteúdo de sódio e potássio e, da região de Jambaló, nota-se que somente dois metabasitos tiveram sua composição química modificada por alteração hidrotermal (Figura 12.1A).

A identificação dos protolitos é dificultada pela falta de texturas e estruturas dos protolitos das rochas metamorfasadas, tais como estruturas vulcanoclásticas, cumuláticas, de assimilação, etc. Assim, para que as rochas possam ser classificadas em diagramas petrogenéticos, é necessário verificar se as suas composições correspondem a líquidos basálticos. Isso pode ser feito por meio do diagrama de Pearce (1982), modificado por Juliani & McReath (1993), que permite que rochas com a composição de líquidos basálticos de diversos ambientes tectônicos modernos possam ser identificadas (Figura 12.1B). Nesse caso, não se notam efeitos significativos de cristalização parcial ou de cúmulus, permitindo que todas as rochas possam ser utilizadas nos diagramas classificatórios e de identificação de ambiente tectônico.

Figura 12.1. (A) diagrama para identificação de amostras que sofreram alterações nos conteúdos de sódio e potássio devido à introdução e/ou retirada de elementos, representadas acima da curva tracejada (Miyashiro 1975), e (B) diagrama de discriminação de amostras que apresentam composições compatíveis com líquidos basálticos, segundo Pearce (1982), modificado por Juliani & McReath (1993). FXA = rochas da fácies xisto azul; FXV = da fácies xisto verde e FXA - A = da fácies xisto azul com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

O diagrama TAS (*total álcalis vs sílica*) para classificação de rochas vulcânicas (Figura 12.2) proposto por LeMaitre *et al.* (2002) mostra que as rochas da região de Jambaló têm composições básicas e intermediárias, correspondendo a uma série que varia de basaltos a andesitos. Nota-se que as amostras nas quais foram identificadas como afetadas por alteração hidrotermal estão plotadas acima da tendência evolutiva citada, juntamente com outras rochas que plotam nas proximidades do limite entre os campos da Figura 12.1A. Isso pode ser indicativo de alterações hidrotermais importantes em ambiente oceânico ou durante o metamorfismo, em especial, durante o cisalhamento. Alternativamente, essas rochas poderiam representar outra seqüência vulcânica, com basaltos alcalinos, traquibasaltos e traquiandesito basáltico, o que

parece ser menos provável, em função da associação das rochas em campo.

Figura 12.2. Diagrama TAS (total álcalis vs sílica), segundo LeMaitre et al. (2002) para as rochas da região de Jambaló, no qual todas as análises apresentam-se dispersas segundo sejam de protolitos básicos ou intermediários. No campo do basalto, a linha divide as rochas entre alcalinas (A) e subalcalinas (SA) segundo Irvine & Baragar (1971). Neste caso, as amostras que tem alteração nos conteúdos de sódio e potássio estão sobre da linha divide as rochas entre alcalinas e subalcalinas. FXA = rochas da fácies xisto azul; FXV = da fácies xisto verde e FXA - A = da fácies xisto azul com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

Nos diagramas da Figura 12.3 pode-se notar que o CaO e o Sr exibem correlações negativas com o Zr, que podem ser atribuídas a diferenciações magmáticas que resultaram na formação de protolitos intermediários a partir de magmas básicos. O Ba mostra também correlação negativa, o que sugere que a seqüência vulcano-sedimentar desenvolveu-se num ambiente com importantes atividades exalativas ou, alternativamente, que o elemento foi introduzido em eventos pós-magmáticos, em especial durante o cisalhamento que ocasionou o retrometamorfismo das rochas da fácies xisto azul. Nota-se também que o K₂O, quando considerado o conjunto das amostras, não define tendências evolutivas, observando-se uma forte dispersão, indicativa de grande mobilidade do elemento. Entretanto, quando são considerados apenas os xistos azuis (metabasitos e meta-intermediárias), apesar da dispersão, pode-se notar ainda certa tendência que poderia ser indicativa de cristalização fracionada. Por outro lado, os xistos verdes estão fortemente dispersos, sugerindo que a introdução do potássio deu-se principalmente durante o desenvolvimento das zonas de cisalhamento responsáveis pela exumação dos xistos azuis.

Figura 12.3. Diagramas de comparação de Zr vs Ba, Zr vs Sr, Zr vs K_2O e Zr vs CaO para análise do comportamento dos elementos móveis. Nos diagramas observa-se que o Sr, Ba e Ca apresentam uma correlação negativa, enquanto o K_2O aparentemente não apresenta nenhuma correlação devido a sua dispersão. FXA = rochas da fácies xisto azul; FXV = da fácies xisto verde e FXA - A = da fácies xisto azul com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

Quando comparado o Mg# [$100 \cdot (MgO / (MgO + FeO))$] com outros componentes (Figura 12.4), não é clara a existência de uma correlação positiva ou negativa, devido principalmente ao reduzido número de análises. Mesmo assim, analisando-se mais detalhadamente o diagrama nota-se que o TiO_2 , CaO, K_2O e P_2O_5 apresentam correlações levemente negativas, principalmente quando são analisados os metabasitos e as meta-intermediárias separadamente. A dispersão das rochas da fácies e da fácies xisto verde é maior, em parte devido a pouca quantidade de análises, mas, mais provavelmente, devido a alterações hidrotermais durante o cisalhamento. O Al_2O_3 e o Na_2O mostram uma leve tendência de correlação positiva para o primeiro e mais fortemente insinuada no segundo caso, que podem ser atribuídas a processos de diferenciação magmática ou fusão parcial na formação de rochas mais evoluídas. As rochas da fácies xisto verde distinguem-se das tendências das rochas da fácies xisto azul, o que pode ser devido às alterações hidrotermais. O MnO e o Fe_2O_3 não apresentam tendências de enriquecimento ou empobrecimento.

Figura 12.4. Diagramas do Mg# [$100 \cdot (\text{MgO}/(\text{MgO} + \text{FeO}))$], mostrando correlação negativa com TiO_2 , CaO , K_2O e P_2O_5 , positiva com Al_2O_3 e o Na_2O e sem variações para o MnO e o Fe_2O_3 . FXA = rochas da fácies xisto azul; FXV = da fácies xisto verde e FXA - A = da fácies xisto azul com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

O #Mg aparentemente mostra uma mobilidade menor e, quando comparada com as variações dos teores de Co, Zr e Cr, exibem correlações indicativas de diferenciação magmática por cristalização fracionada ou por fusão parcial (Figura 12.5). Das amostras analisadas, várias tem conteúdo de Cr abaixo do limite de detecção e, por esse motivo, não foram plotadas. O V, Sc e Zn exibem correlação positiva mas com tendências distintas para as metabásicas e as meta-intermediárias e o Cu mostra dispersão das análises. O conteúdo de Ni de várias amostras com

30 ppm e outras estão no limite de detecção, não definindo qualquer correlação.

Figura 12.5. Variação do Mg# [$100 \cdot (MgO / (MgO + FeO))$], com correlação negativa do Co, Zr e Cr; positiva do V, Sc e Zn e sem correlação com Cu e Ni. Nota-se ainda que o estilpnomelano-muscovita-albita-anfibólio-quartzo xisto e o epidosito distinguem do conjunto dos metabasitos. FXA = rochas da fácies xisto azul; FXV = da fácies xisto verde e FXA - A = da fácies xisto azul com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

No diagrama FeO, Na₂O+K₂O e MgO (Irvine & Baragar, 1971), que distingue as tendências cálcio-alcalina e tholeiítica, nota-se uma clara tendência cálcio-alcalina para os metabasitos e meta-intermediárias de Jambaló, com somente um metabasito da fácies xisto azul situado no campo da série tholeiítica (Figura 12.6).

Figura 12.6. Diagrama FeO, Na₂O+K₂O e MgO, segundo Irvine e Baragar (1971), que separa as tendências cálcio-alcalinas e tholeiíticas. No diagrama somente uma análise que corresponde a um metabasito da fácies xisto azul está no campo da série tholeiítica, enquanto as demais análises estão no campo da série cálcio-alcalina. FXA = rochas da fácies xisto azul; FXV = da fácies xisto verde e FXA - A = da fácies xisto azul com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

Essas rochas, quando plotadas no diagrama Nb/Y vs Zr/TiO₂ de Winchester & Floyd, (1977), são classificadas como basalto subalcalino, andesito basáltico e andesito (Figura 12.7), sendo que, somente uma das amostras de metabasito da fácies xisto azul, plota na linha que divide a composição típica de basalto sub-alcalino e basalto alcalino. O epidosito tem composição de basalto subalcalino e distribui-se juntamente com as demais rochas básicas e intermediárias, sugerindo que, apesar da forte alteração hidrotermal que afetou a rocha, não houve variações substanciais nos teores de Nb, Y e Ti e a rocha pode ser considerada como de protolito ígneo ou vulcanoclástico.

Figura 12.7. Diagrama Nb/Y vs Zr/TiO₂ de classificação das rochas vulcânicas (Winchester & Floyd, 1977), indicando que os protolitos dos xistos azuis e xistos verdes da região de Jambaló foram formados pelo metamorfismo de basaltos subalcalinos, andesitos basálticos e andesitos. FXA = rochas da fácies xisto azul; FXV = da fácies xisto verde e FXA - A = da fácies xisto azul com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

Essas composições são mais evoluídas que os metabasitos do tipo MORB identificados em Barragán e a associação sugerem que o terreno de Jambaló foi formado num ambiente de arco de ilha.

Nos diagramas de Gill (1981) para rochas intermediárias, nota-se que há uma dispersão dos pontos quando analisado o La em comparação com o Ba (Figura 12.8A). Neste mesmo diagrama nota-se que duas das rochas intermediárias da fácies xisto azul situam-se no campo do N-MORB, enquanto as meta-intermediárias na fácies xisto verde estão no campo do andesito orogênico. Uma amostra meta-intermediária da fácies xisto azul esta na interseção do campo do andesito orogênico com o E-MORB. Esta dispersão de pontos pode ser explicada pela mobilidade do Ba durante os evento metamórficos. No diagrama La vs Th as análises distribuem-se no campo dos andesitos orogênicos (Figura 12.8B), assim como no diagrama La vs Nb, exceto uma amostra da fácies xisto azul, que tem composição de E-MORB (Figura 12.8C).

Figura 12.8. Diagramas La vs Ba (A), La vs Th (B) e La vs Nb (C) para rochas intermediárias (Gill, 1981), mostrando que as rochas com protólitos intermediários da região Jambaló de correspondem principalmente ao campo do andesito orogênico. FXA = rochas da fácies xisto azul; FXV = da fácies xisto verde e FXA - A = da fácies xisto azul com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

O estado de oxidação do vanádio varia de 3^+ a 5^+ e, por ser um elemento relativamente incompatível, os magmas podem ter concentrações maiores deste elemento em zonas de subducção, onde o ambiente é relativamente oxidante (Shervais, 1982). No diagrama Ti vs V de discriminação de ambiente tectônico de Shervais (1982), observa-se uma dispersão das amostras analisadas, sendo a maior concentração no campo dos basaltos de *back-arc*, com algumas das análises no campo dos basaltos de arco (Figura 12.9). Esses dados sugerem fortemente a influência de uma zona de subducção ensimática na geração dos protólitos da região de Jambaló, que devem ter resultado na formação de um arco de ilhas incorporado ao continente no metamorfismo da fácies xisto azul que ocorreu há aproximadamente 66 a 61 Ma. As rochas básicas representadas no diagrama de Shervais (1982) mostram variações nos teores de Nb e na razão Ta/Yb, sendo que correspondem principalmente ao campo dos basaltos de *back arc* – MORB e somente uma análise que corresponde a um metabasito na fácies xisto verde esta no campo do basalto de arco (Figura 12.9)

○ Metabasitos (FXA) ⊗ Metabasito (FXV) ⊙ Metabasitos (FXA - A)

Figura 12.9. Diagrama Ti vs V de discriminação de ambiente tectônico de geração das rochas básicas (Shervais, 1982), indicando que os metabasitos da região de Jambaló correspondem rochas de Back Arc – MORB com uma única amostra no campo dos basaltos de arco. FXA = rochas da fácies xisto azul; FXV = da fácies xisto verde e FXA - A = da fácies xisto azul com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

No diagrama Hf–Th–Ta de discriminação de ambiente tectônico de geração de rochas básicas proposto por Wood (1980) as amostras distribuem-se em no campo dos E-MORB e basaltos tholeiíticos intraplacas e mostram uma clara tendência evolutiva para os basaltos de arco (Figura 12.10), apesar de dispersões causadas pelo empobrecimento em Hf e/ou enriquecimento em Ta e Th de algumas amostras.

○ Metabasitos (FXA) ⊗ Metabasito (FXV) ⊙ Metabasitos (FXA - A)

Figura 12.10. Diagrama Hf–Th–Ta de discriminação de ambiente tectônico de geração de rochas básicas (Wood, 1980), no qual se observa a dispersão das análises feitas nos metabasitos da região de Jambaló, mas com tendência a se agruparem nos E-MORB e basaltos tholeiíticos intraplacas. **A** = N-MORB, **B** = E-MORB e basaltos tholeiíticos intraplacas, **C** = basaltos alcalinos intraplacas e **D** = basaltos de arco, FXA = rochas da fácies xisto azul; FXV = da fácies xisto verde e FXA - A = da fácies xisto azul com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

As variações dos teores de Ti, Zr e Y relacionam-se com a fonte particular de geração do magma ou com a porcentagem de fusão parcial, fatores esses que têm relação com o ambiente tectônico de geração dos magmas, o que permite a distinção dos basaltos intraplaca dos de

margens convergentes (Pearce, 1982; Pearce & Norry 1979). No diagrama Zr vs Zr/Y de discriminação de ambiente tectônico de geração de rochas básicas de Pearce & Norry (1979) as rochas metamórficas da região de Jambaló teriam sido formadas predominantemente em ambientes intraplaca, com gradações para arco de ilhas (Figura 12.11).

Figura 12.11. Diagrama Zr vs Zr/Y de discriminação de ambiente tectônico de geração de rochas básicas (Pearce & Norry, 1979), no qual nota-se que os metabasitos analisados correspondem a basaltos de arco de ilhas e intraplaca. FXA = rochas da fácies xisto azul; FXV = da fácies xisto verde e FXA - A = da fácies xisto azul com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

No diagrama de Nb–Zr–Y de Meschede (1986) as rochas plotam nos campos dos basaltos de arco vulcânico e, em menor proporção, no dos basaltos N-MORB com uma única amostra de metabasito da fácies xisto azul no campo do basalto alcalino intraplaca (Figura 12.12).

Figura 12.12. Diagrama Nb–Zr–Y de discriminação de ambiente tectônico de geração de rochas básicas (Meschede, 1986) com base no enriquecimento de Nb se pode observar que as amostras da região de Jambaló inserem-se no campo dos N-MORB com tendência ao campo dos tholeiitos intraplacas e/ou dos basaltos alcalinos intraplaca. AI, AII = campos dos basaltos alcalinos intraplaca; AII, C = campos dos tholeiitos intraplacas; B = campo dos P-MORB; D = campo dos N-MORB; C, D = campos dos basaltos de arco vulcânico; FXA = rochas da fácies xisto azul; FXV = da fácies xisto verde e FXA - A = a fácies xisto azul com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

No diagrama Nb/Yb vs Th/Yb (Figura 12.13A) sugerido por Pearce (2008), os metabasitos

da região de Jambaló apresentam-se relativamente dispersas, com tendência a convergirem para o campo dos N-MORB, mas na área de interação magma–crosta. Somente uma das análises está na área da série MORB-OIB próximo ao campo dos E-MORB. No diagrama Nb/Yb vs TiO₂/Yb (Figura 12.13B) de Pearce (2008), as análises apresentam-se no campo do N-MORB com tendência ao campo do E-MORB e com uma amostra de metabasito na fácies xisto verde situando-se nas proximidades do campo dos OIB. Estas dispersões podem ser o reflexo de vários fenômenos que tem relação com alterações hidrotermais nos conteúdos de sódio e potássio, assim como a variação do tipo de fácies metamórfica a qual pertence cada uma das amostras analisadas.

Figura 12.13. Diagramas Nb/Yb vs Th/Yb (A) e Nb/Yb vs TiO₂/Yb (B) segundo Pearce (2008) no qual apresentam-se as amostras metabásicas da região de Jambaló no campo da série MORB–OIB. Nota-se que no diagrama Nb/Yb vs Th/Yb as análises distribuem-se no campo da interação magma–crosta e no diagrama Nb/Yb vs TiO₂/Yb as análises situam-se no campo da série dos MORB, com um par de pontos que estão no campo dos OIB. FXA = rochas da fácies xisto azul; FXV = da fácies xisto verde e FXA - A = da fácies xisto azul com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

No diagrama Y–La–Nb de Cabani & Lacolle (1989), observa-se que as rochas têm composições compatíveis com basaltos de margens convergentes (Figura 12.14), o que é coerente com a formação em arcos de ilhas, como discutido anteriormente, com tendência de variação de basaltos cálcio-alcálinos para basaltos tholeiíticos. Neste diagrama observa-se um comportamento distinto ao obtido com os outros diagramas de discriminação de basaltos, mesmo assim, a tendência geral das rochas basálticas da região de Jambaló, continua na evolução de rochas de tipo E-MORB para N-MORB.

○ Metabasitos (FXA) ⊗ Metabasito (FXV) ⊙ Metabasitos (FXA - A)

Figura 12.14. No diagrama Y–La–Nb de discriminação de basaltos em ambientes extensionais e compressoriais (Cabani & Lacolle, 1989) aplicado aos metabasitos da região de Jambaló, nota-se que as análises têm tendência de agrupamento no campo dos basaltos tholeiíticos e de E-MORB, com uma amostra no campo da crosta inferior e dos basaltos cálcio-alcálicos. **1** = basaltos de margens convergentes, **2** = magmas não diferenciáveis, mas com possíveis tendências de contaminação, **3** = magmas formados em ambientes extensionais, **CI** = crosta inferior; **CS** = crosta superior; **FXA** = rochas da fácies xisto azul; **FXV** = da fácies xisto verde e **FXA - A** = da fácies xisto azul com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

Nos diagramas multi-elementares dos metabasitos e meta-intermediárias da região de Jambaló (Figura 12.15) observam-se variações principalmente nos valores de Rb, Th e U para os metabasitos, sendo que os da fácies xisto azul sem alteração nos conteúdos de Na e K apresentam anomalias negativas de Ba, Nb e Zr. As meta-intermediárias tem padrões semelhantes aos dos metabasitos, sugerindo afinidade genética. Um dos metabasitos distingue-se dos demais, com características de MORB.

○ Metabasitos (FXA) ● Metabasito (FXV) ● Metabasitos (FXA - A)
□ Meta-intermediárias (FXA) ■ Meta-intermediárias (FXV)

Figura 12.15. Padrões multi-elementares dos metabasitos e das meta-intermediárias da região de Jambaló. **FXA** = rochas da fácies xisto azul; **FXV** = da fácies xisto verde e **FXA - A** = da fácies xisto azul com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

Os padrões das terras raras em relação ao condrito, E-MORB e N-MORB (Figura 12.16) de

Sun & McDonough (1989) mostram enriquecimentos de 5 a 70 vezes, com distribuição variando de pouco fracionamento das terras raras leves e pesadas, até com enriquecimentos em terras raras leves, indicativas de processos de diferenciação magmática. Notam-se também anomalias positivas de Eu, em especial nas rochas menos diferenciadas, indicando concentração de plagioclásio na formação dos andesitos basálticos e dos andesitos e, a quase ausência de anomalias levemente positivas de Ce, sugerindo, ao contrário do observado na região de Barragán, menor interação fluido oceânico-rocha, o que pode ser indicativo de formação em ambiente subaéreo.

Figura 12.16. Padrões de elementos terras raras das amostras da região de Jambaló normalizados ao condrito (esquerda), E-MORB (centro) e N-MORB (direita). FXA = rochas da fácies xisto azul; FXV = da fácies xisto verde e FXA - A = da fácies xisto azul com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

Mesmo com a pouca quantidade de análises da região de Jambaló, pode-se sugerir que o conjunto das rochas corresponde a uma seqüência metavulcânica com metabasitos e meta-intermediárias formadas a em ambiente orogênicos, com algumas rochas ainda com características de N-MORB, indicando que subducção deve ter sido ensimática, chegando gerar andesitos em arcos de ilhas. As dispersões químicas de diversos elementos são também sugestivas de alterações hidrotermais, potencialmente relacionadas predominantemente ao cisalhamento que gerou os xistos verdes, durante a exumação dos xistos azuis.

13 GEOQUÍMICA DA REGIÃO DE BARRAGÁN

Da região de Barragán, foram analisadas 11 amostras de metabasitos, cinco (5) das quais da fácies anfibolito e seis (6) da fácies xisto azul. Tal qual verificado em Jambaló, as texturas e mineralogia dos protolitos foram totalmente substituídas pelas metamórficas, dificultando a identificação das rochas originais. As análises completas de geoquímica estão disponíveis no Anexo VI.

No diagrama de Miyashiro (1975), que discrimina as amostras que sofreram alterações nos conteúdos de sódio e potássio (Figura 13.1A), nota-se que somente um dos metabasitos da fácies anfibolito pode ser considerado como sofreu alterações hidrotermais de fundo oceânico (espilitização) ou sin-metamórfica, mas há uma tendência evolutiva o conjunto das amostras que sugere alterações mais fracas em pelo menos outras duas amostras.

No diagrama de Pearce (1982), modificado por Juliani & McReath (1993), nota-se que todas as amostras têm composição compatível com líquidos basálticos de diversos ambientes tectônicos modernos (Figura 13.1B).

Figura 13.1. Diagrama indicativo de alterações nos conteúdos de sódio e potássio (A), acima da curva tracejada (Miyashiro 1975) e de composições compatíveis com líquidos basálticos (B), segundo Pearce (1982), modificado por Juliani & McReath (1993). O losango preenchido corresponde à rocha que sofreu aumento nos teores de álcalis.

Quando as análises são plotadas no diagrama TAS (*total alkalis vs silica*), segundo LeMaitre *et al.* (2002), nota-se que as rochas da fácies xisto azul e da fácies anfibolito da região de Barragán correspondem a basaltos (Figura 13.2) e são subalcalinas, segundo a divisão de Irvine & Baragar (1971).

Figura 13.2. Diagrama TAS (total álcalis vs sílica), segundo LeMaitre et al. (2002), para as rochas da região de Barragán, classificadas como basaltos subalcalinos (SA), segundo Irvine & Baragar (1971). (A) refere-se à amostra da fácies anfíbolito com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

Os dados obtidos sugerem que as variações observadas em diversos elementos químicos não são apenas produto de diferenciação magmática, mas também são produto de lixiviação, concentração residual ou metassomatismo durante os eventos metamórficos, como pode ser observado na Figura 13.3, que relaciona o Zr com Ba, Sr, K₂O e CaO.

Figura 13.3. Diagramas de comparação de Zr vs Ba; Sr; K₂O e CaO, mostrando o comportamento dos elementos móveis e sugerindo diversos processos geológicos que afetaram a mobilidade destes.

Nos diagramas da Figura 13.4 (#Mg vs óxidos) é possível observar uma correlação negativa entre os óxidos Na_2O , P_2O_5 e TiO_2 vs Mg# [$100 \cdot (\text{MgO}/\text{MgO} + \text{FeO})$]. Possivelmente, o enriquecimento de Na_2O deve-se a um evento pós-magmático, possivelmente uma espilitização. A correlação negativa entre o CaO e Mg# nas amostras da fácies xisto azul pode indicar que, possivelmente, existiu uma co-precipitação de plagioclásio cálcico e minerais ferro-magnesianos, entretanto a correlação negativa pode indicar que o controle da composição do líquido residual foi feito apenas pela precipitação de minerais ferro-magnesianos. Também se notam as correlações negativas apresentadas na comparação do #Mg com o restante dos óxidos, com exceção do Al_2O_3 e o MnO , que apresentam uma correlação linear a levemente positiva. O K_2O por sua vez, apresenta-se muito disperso e não parece definir nenhum padrão de correlação, indicando a ação de alterações hidrotermais na geração da rocha.

Figura 13.4. Comparação do #Mg [$100 \cdot (\text{MgO}/\text{MgO} + \text{FeO})$] com outros óxidos, apresentando uma correlação negativa com TiO_2 , CaO , K_2O e P_2O_5 , e positiva com Al_2O_3 e o Na_2O e ausente com MnO e Fe_2O_3 .

Nota-se, entretanto, que o Mg, quando comparado com o Zr, mostra uma correlação negativa, com dispersão relativamente pequena, sugerindo que seu teor não foi afetado pelas alterações hidrotermais, podendo então ser esse comportamento produto de diferenciação magmática (Figura 13.5). O mesmo pode se observado em relação ao Ni e ao Cr, cujos teores apresentam uma correlação positiva com o Mg (Figura 13.5). O V e o Co apresentam uma correlação negativa e o Sc e o Zn mostram-se levemente negativos, enquanto o Cu apresenta uma correlação negativa. Estas correlações junto às dispersões das análises observadas em vários dos diagramas da Figura 13.5 sugerem que o conjunto de rochas tenha sido afetado por alterações hidrotermais assim como processos de diferenciação magmática.

Figura 13.5. Comparação do #Mg [$100 \cdot (\text{MgO}/\text{MgO} + \text{FeO})$] com outros elementos apresentando correlação negativa com todos os elementos (Zr, Ni, Cr, V, Sc, Co e Zn) com exceção do Cu que mostra-se em correlação positiva com o #Mg.

No diagrama FeO, Na₂O+K₂O e MgO que separa as tendências cálcio-alcálinas e tholeiíticas

(Irvine & Baragar, 1971) nota-se que todos os metabasitos da fácies xisto azul distribuem-se no campo da série tholeiítica (Figura 13.6).

Figura 13.6. Diagrama FeO, Na₂O+K₂O e MgO segundo Irvine & Baragar (1971) que distingue as tendências cálcio-alcalinas e tholeiíticas. No diagrama todas as análises correspondem ao campo da série. No diagrama a fácies anfibolito (A) refere-se à amostra com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

Essas rochas, quando classificadas no digrama Nb/Y vs Zr/TiO₂ de Winchester & Floyd (1977), são identificadas como basaltos transicionais entre os subalcalinos e os andesitos basálticos (Figura 13.7). Entretanto destaca-se que os anfibolitos têm a razão Nb/Y menor que as rochas da fácies xisto azul, sugerindo que pode ter havido mobilidade relativa de Y ou Nb durante o evento metamórfico.

Figura 13.7. Classificação das rochas metabásicas de Barragán, segundo a proposta de Winchester & Floyd (1977), onde se destaca o agrupamento diferenciado das rochas das fácies anfibolito e xisto azul, e sua composição transicional entre basaltos subalcalinos e andesito basáltico. No diagrama a fácies anfibolito (A) refere-se à amostra com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

Mediante o uso do diagrama Ti vs V de discriminação de ambiente tectônico de Shervais (1982) os metabasitos de Barragán mostram afinidade com basaltos formados em *back-arc* ou MORB (Figura 13.8).

○ Fácies xisto azul ◇ Fácies anfíbolito ◆ Fácies anfíbolito (A)

Figura 13.8. Diagrama Ti vs V de discriminação de ambiente tectônico de geração das rochas básicas (Shervais, 1982), indicando que os metabasitos de Barragán têm composições semelhantes a basaltos formados em MORB ou em bacias de back arc. No diagrama a fácies anfíbolito (A) refere-se à amostra com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

No diagrama Hf–Th–Ta (Figura 13.9) proposto por Wood (1980) as amostras pertencentes à fácies xisto azul agrupam-se no campo dos basaltos E-MORB ou dos tholeiíticos intraplacas, mas a maioria das rochas da fácies anfíbolito mostram fortes variações nos teores de Hf e Ta (Figura 13.9), sugerindo forte mobilidade desses elementos, possivelmente durante o desenvolvimento da zona de cisalhamento que resultou no retrometamorfismo dos xistos azuis para as rochas da fácies anfíbolito.

○ Fácies xisto azul ◇ Fácies anfíbolito ◆ Fácies anfíbolito (A)

Figura 13.9. Diagrama Hf–Th–Ta (esquerda) de discriminação de ambiente tectônico de geração de rochas básicas (Wood, 1980), mostrando que os metabasitos de Barragán podem ter sido formados em ambientes de E-MORB ou tholeiito intraplaca, mas também nota-se que há uma dispersão muito forte das análises das rochas na fácies anfíbolito. No diagrama Hf vs Ta observa-se dispersão das análises das amostras da fácies anfíbolito, enquanto as amostras da fácies xisto azul apresentam uma correlação positiva. Nos diagramas: A = N-MORB, B = E-MORB e basaltos tholeiíticos intraplacas, C = basaltos alcalinos intraplacas e D = basaltos de arco e a fácies anfíbolito (A) refere-se à amostra com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

Os teores de Ti, Y e Zr têm relação com a fonte de geração magmática ou com a porcentagem de fusão parcial, o que pode ser relacionado com o ambiente tectônico de geração dos magmas basálticos, permitindo a distinção entre os de intraplaca e os de margens convergentes (Pearce & Norry 1979; Pearce, 1982). No diagrama Zr vs Zr/Y (Figura 13.10) proposto por Pearce & Norry (1979), observa-se que os protólitos das rochas metamórficas da fácies xisto azul e anfibolito da região de Barragán correspondem a basaltos formados em dorsais oceânicas, mas também plotam no campo dos basaltos de arco de ilhas. Em especial, nota-se novamente que as rochas da fácies anfibolito apresentam uma maior dispersão, possivelmente devida às alterações hidrotermais/metassomáticas associadas ao cisalhamento.

○ Fácies xisto azul ◇ Fácies anfibolito ◆ Fácies anfibolito (A)

Figura 13.10. Diagramas Zr vs Zr/Y de discriminação de ambiente tectônico de geração de rochas basálticas (Pearce & Norry, 1979), indicando que os protólitos das rochas da região de Barragán foram possivelmente geradas em ambientes de dorsal oceânica (MORB). No diagrama a fácies anfibolito (A) refere-se à amostra com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

Quando usado o diagrama Nb–Zr–Y (Figura 13.11) proposto por Meschede (1986), as amostras da região de Barragán correspondem a N-MORB, mas que também podem ser de arco vulcânico.

○ Fácies xisto azul ◇ Fácies anfibolito ◆ Fácies anfibolito (A)

Figura 13.11. Diagrama Nb–Zr–Y de discriminação de ambiente tectônico de geração de rochas basálticas (Meschede, 1986) com base no enriquecimento de Nb, no qual se observa que as análises da região de Barragán entram no campo dos N-MORB. No diagrama, AI, AII = campos dos basaltos alcalinos intraplaca; AII, C = campos dos tholeiitos intraplacas; B = campo dos P-MORB; D = campo dos N-MORB; C, D = campos dos basaltos de arco vulcânico e, fácies anfibolito (A) refere-se à amostra com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

No diagrama Y–La–Nb discriminam-se basaltos gerados em ambientes extensionais e compresionais (Cabani & Lacolle, 1989) e nele pode-se observar que as rochas de Barragán distribuem-se entre os campos dos basaltos formados em ambientes extensionais e de margens. Entretanto, as rochas da fácies xisto azul mostram uma tendência em direção ao campo dos basaltos de zonas extensionais, enquanto que os da fácies anfibolito são mais enriquecidos em Y e em La, o que aproxima mais sua composição dos basaltos formados em margens convergentes (Figura 13.12). Esse comportamento, em especial pelo enriquecimento em La, pode ser atribuído às alterações hidrotermais durante o cisalhamento. Para os xistos azuis, a tendência de formação em N-MORB é mais favorecida, e as rochas da fácies anfibolito podem, alternativamente, ter se formado em níveis crustais mais rasos que os xistos azuis.

Figura 13.12. Diagrama Y–La–Nb de discriminação de basaltos em ambientes extensionais e compresionais (Cabani & Lacolle, 1989), no qual se pode observar que as análises das rochas da fácies anfibolito estão mais perto da área dos basaltos tholeiíticos e as amostras da fácies xisto azul estão no campo dos mesmos basaltos com uma tendência evolutiva proveniente dos E-MORB em sentido N-MORB. **1** = basaltos de margens convergentes, **2** = magmas não diferenciáveis, mas com possíveis tendências de contaminação, **3** = magmas formados em ambientes extensionais, **CI** = crosta inferior e **CS** = crosta superior e fácies anfibolito (A) refere-se à amostra com alterações nos conteúdos de sódio e potássio

Diagrama Nb/Yb vs Th/Yb (Figura 13.13A), sugerido por Pearce (2008), as rochas metabásicas da região de Barragán separam-se em dois grupos as rochas da fácies xisto azul e as da fácies anfibolito, ambas no campo dos N-MORB. Já no diagrama Nb/Yb vs TiO₂/Yb (Figura 13.13B) proposto por Pearce (2008), as análises também distinguem-se segundo a fácies metamórfica, mas igualmente no campo do N-MORB com tendência ao campo do E-MORB para o caso das rochas na fácies xisto azul. Estas separações possivelmente correspondam aos diferentes níveis crustais nos quais as rochas metamórficas da região de Barragán foram geradas.

Figura 13.13. Diagramas Nb/Yb vs Th/Yb (esquerda) e Nb/Yb vs TiO_2/Yb (direita) segundo Pearce (2008) no qual apresentam-se as amostras de metabásicas da região de Barragán distribuem-se no campo da série MORB–OIB, sendo que todas elas concentram-se no campo dos N-MORB, embora separadas pela fácies metamórfica a qual elas pertencem, seja xisto azul ou anfibolito. No diagrama a fácies anfibolito (A) refere-se à amostra com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

Com estas considerações, nota-se uma clara afinidade das rochas analisadas da região de Barragán com os basaltos de tipo MORB, tanto nas amostras da fácies xisto azul quanto nas da fácies anfibolito. Com estas argumentações, fica reforçada a idéia de que um mesmo bloco funcionou como protolito da associação, com variações nas condições de metamorfismo como produto de diferentes níveis crustais aos quais foram submetidas às rochas.

Nos diagramas multi-elementares dos metabasitos da região de Barragán (Figura 13.14) observa-se variação principalmente no valor de Sr para as rochas metabásicas da fácies xisto azul, com uma única amostra que tem uma forte anomalia negativa de Sr. O restante das amostras apresentam anomalias negativas de Th e Ba e anomalias positivas de U e Cs. No caso das amostras da fácies anfibolito apresenta-se uma amostra que tem sofrido alterações nos conteúdos de Na e K e mostra uma anomalias negativas de Cs, Rb, Th e Sr. Entretanto, para a mesma amostra observam-se anomalias positivas de Ba, levemente de U e Ce. O resto das amostras da fácies anfibolito apresentam anomalias negativas de Th, Nb, levemente de Zr e da Ba com exceção e uma amostra que apresenta anomalia positiva deste último elemento. As rochas desta fácies também apresentam anomalias positivas de U, Ce, Sr e Cs.

Figura 13.14. Padrões químicos dos metabasitos na fácies xisto azul e anfibolito da região de Barragán. No diagrama a fácies anfibolito (A) refere-se à amostra com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

Os padrões das terras raras em relação ao condrito, E-MORB e N-MORB de Sun & McDonough (1989) mostram anomalias negativas principalmente nas terras raras leves em relação ao E-MORB, com distribuição variando de pouco fracionamento das terras raras leves e pesadas, até com enriquecimentos em terras raras leves, principalmente quando normalizados com o N-MORB, indicativas de processos de diferenciação magmática (Figura 13.15). Notam-se também anomalias positivas de Eu, em especial nas rochas menos diferenciadas, indicando concentração de plagioclásio na formação dos andesitos basálticos e dos andesitos e, a quase ausência de anomalias de Ce, sugerindo menor interação fluido oceânico-rocha, o que pode ser indicativo de formação em ambiente subaéreo.

Figura 13.15. Diagramas multi-elementares mostrando padrões de elementos terras raras das amostras da região de Barragán normalizados ao condrito (esquerda), E-MORB (centro) e N-MORB (direita). No diagrama a fácies anfibolito (A) refere-se à amostra com alterações nos conteúdos de sódio e potássio.

14 GEOCRONOLOGIA $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ DA REGIÃO DE JAMBALÓ

São poucos os dados geocronológicos prévios dessa região, todos feitos pelo método K–Ar, o qual não é muito apropriado para datação desses tipos de rochas, já que as perdas ou excessos de argônio não podem ser determinados e nem tampouco a complexa história das micas brancas pode ser discriminada (Dallmayer & Takasu, 1992; Clauer & Chauduri, 1999).

Segundo Orrego *et al.* (1980b), a idade mínima do metamorfismo foi obtida por análise de rocha total pelo método K–Ar, resultando em 125 ± 15 Ma. Já a datação do glaucofânio pelo mesmo método resultou em idades de 104 ± 14 Ma e 217 ± 10 Ma, tendo sido a primeira interpretada como sendo a idade mínima do metamorfismo na fácies xisto azul e a segunda como devida a excesso de argônio (De Souza *et al.*, 1984).

As análises $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ feitas neste estudo resultaram em boas idades em um intervalo entre 59 e 63 Ma, mas algumas das análises não se mostraram de boa qualidade, principalmente em função pouca quantidade de amostra disponível, pelos teores de K_2O em paragonita abaixo de 0,5% e, possivelmente pelo intercrescimento de fengita e paragonita.

Embora nos espectros apareçam referenciada a mica branca como muscovita, da região de Jambaló foram datados paragonita e fengita de sete (7) amostras da fácies xisto azul.

A seguir são apresentados e avaliados os resultados obtidos:

O espectro obtido para a paragonita da amostra **129C**, a qual está composta por glaucofânio + albita + paragonita + calcita + clorita + quartzo, apresenta-se como a melhor idade obtida para o conjunto das rochas da fácies xisto azul, com idade *plateau* de $66,9 \pm 0,2$ Ma (Figura 14.1). O espectro é plano, mas o significado de algumas idades mais antigas (~ 80 Ma) nas fases iniciais de aquecimento não pôde ser seguramente esclarecido, podendo ser devido a excesso de argônio ou heranças de eventos metamórficos mais antigos.

Figura 14.1. Espectro de argônio obtido para a amostra 129C mostrando uma idade de plateau de $66,9 \pm 0,2$ Ma.

Pode ser observado nos diferentes espectros obtidos para as amostras da região de Jambaló, que a razão Ca/K apresenta variação em cada um deles, sendo que alcançam valores da ordem de 30 como no caso do espectro MC13-c46b da amostra 121B. Estas variações da razão Ca/K não foram resolvidos na presente pesquisa, mas algumas possibilidades para explicá-las podem ter relação com a existência do *solvus* Ca–Na–K entre as micas brancas margarita–muscovita (e.g. Guidotti *et al.*, 1994; Feenstra, 1996), o intercrescimento de fengita–paragonita ou vice-versa (e.g. Ahn *et al.*, 1985; Drits *et al.*, 2007) ou substituições entre micas cálcicas passando por sódicas até chegar em composições mais potássicas (e.g. Okuyama, 1985). De fato fica claro que a mica analisada não corresponde unicamente a paragonita ou fengita como foi observado nas análises de química mineral, e que estudos mais detalhados em concentrados deste mineral deveriam ser feitos com o intuito de entender o processo que da origem a estas variações. Também não pode ser descartada que a presença de fases cálcicas como epidoto e titanita inclusa na mica e de caráter microcristalino possam ter alguma influência nas variações da razão Ca/K.

O estudo da paragonita da amostra **124F**, composta por glaucofânio + albita + paragonita + calcita + clorita + titanita + quartzo, resultou em três espectros, um deles com razão Ca/K de ~3 (espectro MC13-c41b). As idades obtidas nesta amostra se sobrepõem no erro e variam entre 61,8 e 62,9 Ma (Figura 14.2).

Figura 14.2. Espectros de argônio obtidos para a paragonita da amostra 124F mostrando umas idades plateau que variam entre 61,8 e 62,9 Ma.

Para a amostra **124G**, composta por glaucofânio + paragonita + calcita + clorita + quartzo, foi analisada também paragonita e podem-se notar dois espectros (MC13-c37b e MC13-c37c) com idades entre 62,3 ± 1,1 e 63,0 ± 0,3 Ma (Figura 14.3). No outro espectro (MC13-c37a) os primeiros *steps* têm indicações de excesso de argônio, o equilíbrio é alcançado nas porções intermediárias os *steps* finais têm razões Ca/K na ordem de 4 nos dois primeiros espectros (MC13-c37b e MC13-c37c) e < 1 no último espectro (MC13-c37a), esse resultando em um erro

maior e em idade de $54,5 \pm 1,6$ Ma (Figura 14.3).

Figura 14.3. Espectros de argônio obtidos em paragonita da amostra 124G, no qual se observam idades plateau da ordem de $62,3 \pm 1,1$, $63,0 \pm 0,3$ Ma e $54,5 \pm 1,6$ Ma.

As determinações foram obtidas em fengita da amostra a **124J**, embora haja coexistência com paragonita nesta amostra e este composta por fengita + glaucofânio + albita + calcita + clorita $\pm$ paragonita + quartzo, resultaram num espectro cujos últimos *steps* mostram Ca/K de ~ 3 e a idade *plateau* obtida é de $67,5 \pm 1,1$ Ma (Figura 14.4).

Figura 14.4. Espectro de argônio obtido em fengita da amostra 124J com idade plateau de $67,5 \pm 1,1$ Ma.

Os espectros das análises obtidas em paragonita da amostra **121B**, composta por glaucofânio + paragonita + calcita + clorita + quartzo, apresentam as mais altas razões Ca/K, principalmente no último *step* (MC13-c46a), da ordem de 7. Em outro espectro (MC13-c46b) a razão Ca/K alcança valores da ordem de 30. Dois dos espectros (MC13-c46a e MC13-c46b) apresentam também os maiores intervalos de erro, sendo que no MC13-c46a a idade *plateau* obtida é de $63,2 \pm 4,4$ e no MC13-c46b o valor obtido é $74,0 \pm 28,5$ Ma. O espectro MC13-c46c apresenta-se com um erro menor em uma idade *plateau* de $67,8 \pm 1,1$ Ma. Na Figura 14.5

apresentam-se os três espectros obtidos para a amostra 121B.

Figura 14.5. Espectros de argônio obtidos para a paragonita da amostra 121B no qual se obtiveram idades plateau com um amplo intervalo de erros para dois deles, sendo as idades de $63,2 \pm 4,4$ Ma (espectro do centro) e $74 \pm 28,5$ Ma (espectro da direita). No espectro da esquerda a idade plateau é de $67,8 \pm 1,1$ Ma.

Da amostra **123A**, composta por glaucofânio + epidoto/clinozoisita + paragonita + quartzo, foi analisada paragonita e apresenta um espectro (MC13-c44c) com uma razão Ca/K da ordem de $\sim 1,5$ e uma idade plateau de $66,0 \pm 0,7$ Ma (Figura 14.6). Os outros dois espectros (MC13-c44a e MC13-c44b) mostram idades plateau de $67,1 \pm 2,7$ e $83,1 \pm 10,6$ Ma respectivamente, com uma razão Ca/K da ordem de 6 para o espectro MC13-c44a.

Figura 14.6. Espectros de argônio obtidos para a paragonita da amostra 123A no qual se obtiveram idades plateau com um amplo intervalo de erros para dois deles, sendo as idades de $67,1 \pm 2,7$ Ma (espectro do centro) e $83,1 \pm 10,6$ Ma (espectro da direita). No espectro da esquerda a idade plateau é de $66 \pm 0,7$ Ma.

A amostra da fácies xisto azul, considerada como transicional para a fácies xisto verde (**125M**), composta por glaucofânio + albita + paragonita + calcita + clorita, resultou em idades plateau em paragonita com os espectros MC13-c40a e MC13-c40c de $54,7 \pm 8,9$ e $63,5 \pm 1,3$ Ma

respectivamente (Figura 14.7), sendo que o espectro MC13-c40c apresenta uma razão da ordem de 2.

Figura 14.7. Espectros de argônio obtidos para a amostra 125M mostrando idades plateau de $54,7 \pm 8,9$ Ma e $63,5 \pm 1,3$ Ma.

Na Tabela 14.1 apresenta-se o resumo dos resultados das análises $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ feitas nas amostras da região de Jambaló, juntamente com alguns comentários.

Tabela 14.1. Resultados $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ das amostras analisadas da região de Jambaló.

Numero de irradiação	Amostra	Fácies	Gás total idade (Ma)	Idade plateau (Ma)	Comentários*
c45c	129C	Xisto azul	$67,0 \pm 0,3$	$66,9 \pm 0,2$	Espectro plano
c41a	124F	Xisto azul	$62,5 \pm 1,5$	$62,9 \pm 1,0$	Alto Ca a alta T: Ep, Act?
c41b	124F	Xisto azul	$61,5 \pm 1,8$	$61,8 \pm 0,9$	Spikes de alto Ca: Ep, Act?
c41c	124F	Xisto azul	$62,2 \pm 0,2$	$62,4 \pm 0,2$	Espectro plano, últimos steps com Ca alto
c37b	124G	Xisto azul	$62,3 \pm 1,8$	$62,3 \pm 1,1$	Últimos steps com Ca muito alto: Ep, Act?
c37c	124G	Xisto azul	$62,4 \pm 0,3$	$63,0 \pm 0,3$	Últimos steps com Ca muito alto: Ep, Act?
c37a	124G	Xisto azul	$66,8 \pm 1,9$	$54,5 \pm 1,6$	Muito Ca para Ms: alto Ca a alta T
c36b	124J	Xisto azul	$64,8 \pm 2,0$	$67,5 \pm 1,1$	Últimos steps com Ca muito alto: Ep, Act?
c46c	121B	Xisto azul	$68,1 \pm 1,9$	$67,8 \pm 1,1$	Últimos steps com Ca muito alto: Ep, Act?
c46a	121B	Xisto azul	$60,4 \pm 6,7$	$63,2 \pm 4,4$	Ca alto: Ep, Act
c46b	121B	Xisto azul	$15,3 \pm 17,7$	$74,0 \pm 28,5$	Amostra não suficiente, provavelmente Pg
c44c	123A	Xisto azul	$64,2 \pm 0,8$	$66,0 \pm 0,7$	Últimos steps com Ca muito alto: Ep, Act?
c44a	123A	Xisto azul	$80,6 \pm 4,9$	$67,1 \pm 2,7$	Alguns steps com Ca muito alto: Ep, Act?
c44b	123A	Xisto azul	$74,6 \pm 13,0$	$83,1 \pm 10,6$	Amostra não suficiente
c40a	125M	Xisto azul	$67,0 \pm 11,4$	$54,7 \pm 8,9$	Amostra não suficiente, Alto Ca a alta T
c40c	125M	Xisto azul	$61,4 \pm 1,7$	$63,5 \pm 1,3$	Últimos steps com Ca muito alto: Ep, Act?

Ep = epidoto, Act = actinolita, Pg = paragonita e T = temperatura. *Os comentários feitos pelo técnico do laboratório analítico.

O conjunto dos dados $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ mostram que o metamorfismo da fácies xisto azul de Jambaló têm idade predominante anterior, mas possivelmente muito próxima a 63 Ma. Entretanto, há também indicações de possíveis idades até mais antigas que a 71 Ma, apesar do melhor intervalo situar-se entre 66 e 61 Ma (Maastrichtiano–Daniano), o que posiciona a exumação dos xistos azuis de Jambaló no final do Cretáceo até o início do Terciário, pois considerando que as micas das rochas da fácies xisto azul datadas na região de Jambaló são principalmente paragonita e em menor proporção fengita e estas pertencem à foliação milonítica a idade mínima

do metamorfismo seria, como mencionado, um pouco mais antigo, já que as idades apresentadas para as rochas desta área estariam representando o evento de exumação que tem relação direta com a geração de foliação milonítica.

Geocronologicamente, o metamorfismo da fácies xisto azul da região de Jambaló não tem correlação com o conjunto de rochas de Barragán (ver discussão da idade no capítulo 15) e poderia corresponder a um evento isolado de geração de metamorfismo de alta pressão.

15 GEOCRONOLOGIA $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ DA REGIÃO DE BARRAGÁN

Da região de Barragán foi selecionado para geocronologia Ar–Ar em muscovita apenas um metapelito metamorfoisado na fácies xisto verde (amostra 190B), que ocorre associado aos xistos azuis.

Foram analisados três grãos de muscovita da amostra, cujos resultados são apresentados na Tabela 15.1.

Tabela 15.1. Resultados $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ das amostras analisadas da região de Barragán.

Numero de irradiação	Amostra	Fácies	Gás total idade (Ma)	Idade plateau (Ma)	Comentários
c42b	190B	Xisto verde	117,2 $\pm$ 1,6	120,1 $\pm$ 1,0	Espectro plano
c42c	190B	Xisto verde	120,7 $\pm$ 0,3	120,8 $\pm$ 0,3	Espectro plano
c42a	190B	Xisto verde	107,0 $\pm$ 7,0	119,4 $\pm$ 3,8	Todo o gás liberado em um <i>step</i> , <i>spikes</i> de alto Ca

As idades *plateau* dos espectros foram definidas por mais de 70% do argônio liberado (Figura 15.1). Em geral a mica analisada apresenta razões Ca/K e Cl/K relativamente homogêneas e as variações menores observadas foram interpretadas como relacionadas a inclusões. As idades *plateau* obtidas são aptianas e as três análises se sobrepõem no erro, com 119,4 $\pm$ 3,8 Ma, 120,1 $\pm$ 1,0 Ma e 120,7 $\pm$ 0,3 Ma. Um dos espectros apresenta *spikes* de alto Ca com idades mais antigas (~150 Ma) que possivelmente relacionadas com excesso de argônio.

Figura 15.1. Espectros de argônio obtidos para a amostra 190B, resultando em idades *plateau* aptianas.

Considerando que: a) o xisto cuja muscovita foi datada tem foliação milonítica; b) a presença na região de xistos com andaluzita sob a forma de porfiroblastos sub- e idioblásticos tardios a pós-deformacionais orientados na foliação milonítica; c) que os cristais de andaluzita têm inclusões de granada, indicando a existência de um evento de descompressão associado ao evento de milonitização; d) as temperaturas de fechamento do sistema Ar–Ar nas micas brancas ao redor de 325 a 375 $^{\circ}\text{C}$, definidas por McDougall & Harrison (1999) e; f) que o pico térmico alcançado pelas rochas se deu durante o metamorfismo na fácies xisto verde que sucedeu o

metamorfismo da fácies xisto azul, pode-se definir que a idade de 120 Ma corresponde a uma idade mínima para o evento de alta pressão, pois representa, em essência, o evento de exumação associado ao desenvolvimento da foliação milonítica. Considerando-se um período mínimo para exumação dos xistos azuis de 20 Ma (e.g. Schulmann *et al.*, 2004; Agard *et al.*, 2006) até 2,5 Ma (e.g. Mihalynuk *et al.*, 2004), é possível supor que o evento de alta pressão e baixa temperatura na região de Barragán ocorreu entre 125 e 150 Ma.

16 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES DO METAMORFISMO DAS ÁREAS DE ESTUDO

16.1 Jambaló

Um evento de metamorfismo de contato poderia estar indicado pelos agregados de cristais radiados de estilpnomelano e dos epidositos em veios. Este metamorfismo termal é claramente posterior ao regional, mas ocorre localizadamente na parte noroeste da área de estudo, é bem visível nas rochas não foliadas, distintas daquelas com dobras intrafoliais prévias à milonitização, mas a geocronologia não indicou nenhuma influência deste evento no conjunto de rochas de Jambaló. O estilpnomelano em arranjo radiado, as S_i em alguns grãos de plagioclásio e o crescimento de cristais de clinozoisita em forma desordenada podem ter sido gerados, eventualmente, pela intrusão de pequenos corpos graníticos, subjacentes ao nível atual de erosão, já que os mesmos não foram observados em campo, exceto na porção noroeste da área. Em sendo de metamorfismo de contato, sua intensidade seria compatível com a fácies albita-epidoto hornfels. O metamorfismo de contato não foi intenso ou generalizado, pois afetou muito pouco o sistema isotópico Ar-Ar, que raramente mostra indício de rejuvenescimentos. Esse evento também não fica evidente nos zonamentos químicos dos minerais, especialmente nos perfis da granada, que mostram um equilíbrio metaestável incompatível com o esperado para rochas afetadas por um evento intenso de metamorfismo de contato.

Como discutido na síntese bibliográfica fundamental, há dois tipos de trajetórias metamórficas relacionadas com a formação dos xistos azuis (Ernst, 1988). Uma delas, a do Tipo Alpino, tem sentido horário, o que faz com os xistos azuis e os eclogitos sejam substituídos por xistos verdes e anfibolitos durante o metamorfismo retrógrado. Este tipo de metamorfismo com alta razão P-T forma-se em zonas de subducção, na qual se segue uma descompressão quase isothermal, provocada pela exumação rápida em regimes compressoriais e com forte erosão. Segundo Ernst (1972) isto pode ser causado pela colisão de um arco de ilhas ou por um fragmento de crosta continental com o continente, resultando em rápido soerguimento e denudação dos xistos azuis. Alternativamente este tipo de trajetória pode ser explicado pelo aumento de pressão causado nas rochas supracrustais acumuladas no prisma acrecionário de uma fossa em forte subsidência, o que faz com que haja inserção dos sedimentos sob a crosta continental, seguida pela exumação em zonas de cavalgamentos, acentuada pela presença de um bloco da crosta superposto aos sedimentos durante a colisão (Platt, 1987).

O segundo tipo, chamado de Franciscano, caracteriza-se por uma trajetória retrometamórfica quase coincidente com a trajetória do metamorfismo progressivo. Este tipo de trajetória é formado em terrenos que são resfriados durante a exumação, devido ao soerguimento crustal relativamente lento, o que possibilita a transferência da energia térmica das cunhas tectônicas de rochas de alta razão P-T zonas de *mélanges* para as encaixantes mais frias (Cloos, 1982). A Figura 16.1 apresenta os diferentes tipos de trajetória segundo Ernst (1988).

Figura 16.1. Diferentes tipos de trajetórias metamórficas de xistos azuis em zonas de subducção segundo Ernst (1988). A linha da estabilidade arogonito (Arg) – calcita (Cal) segundo Johannes & Puhon (1971).

É importante notar que os diferentes tipos e modelos derivados da interpretação das trajetórias metamórficas estão associados sempre com zonas de subducção, mas sua evolução pode relacionar-se com o desenvolvimento do metamorfismo de soterramento e com a colisão tectônica (Platt, 1987), com ofiolitos (Ernst, 1972) e com a formação de eclogitos (Spear, 1995).

Especialmente na área de Jambaló, a presença de glaucofânio e fengita, é possível inferir-se que os mica glaucofânio e os glaucofânio micaxistos com transformações para rochas da fácies xisto verde mostrando um aumento na temperatura, permite inferir que o metamorfismo foi do Tipo Alpino. Entretanto, o ambiente cordilheirano de formação das rochas da fácies xisto azul de Jambaló, indicaria a existência de uma trajetória metamórfica do semelhante ao do Tipo Franciscano. Estes aspectos contraditórios sugerem que os xistos azuis de Jambaló podem ter se formado em um regime metamórfico com uma trajetória de gradiente P-T intermediários entre o regime Alpino e Franciscano, o que possivelmente constitui um modelo de formação para xistos azuis de tipo Andino.

O conjunto de rochas da fácies xisto azul de Jambaló, experimentou uma intensa deformação milonítica mais tardia, que pode estar relacionada à exumação dos terrenos em zonas de cavalgamentos e mais possivelmente à colisão dos terrenos que conformam a Cordilheira Ocidental dos Andes colombianos (e.g. rochas vulcânicas oceânicas mesozóicas). A deformação associada ao evento de subducção é evidenciada pelas foliações internas em vários minerais,

pelos *microlitons* de glaucofânio e por alguns arcos poligonais abandonados, que atualmente apresentam-se como cristais independentes que foram submetidos à deformação em estado dúctil e agora se observa somente uma leve extinção ondulante. Há também neste evento de alta pressão a cristalização de glaucofânio radiado, indicativo de um regime aproximadamente estático, o que sugere que houve ainda um pequeno aumento da temperatura antes do início da exumação dos terrenos que foram submetidos às condições de metamorfismo de alta razão P/T. Depois se seguiu-se uma queda na pressão, dada pelo início da exumação, acompanhada por leves aumentos na temperatura, como indicado pela ocorrência de epidoto e clinozoisita, e pelas relíquias de glaucofânio preservado incluso em alguns cristais de quartzo em rochas da transicionais para a fácies xisto verde, o que permitiu sua preservação por estar isolado das reações com outros minerais adjacentes. Isto é evidenciado quando se observa o glaucofânio não incluso no quartzo, que apresenta uma borda de reação, com geração de clorita e de anfibólios sódico-cálcicos e cálcicos. Na continuidade do processo de retrometamorfismo torna-se muito intenso, resultando na formação dos clorita-plagioclásio xistos (xistos verdes), os quais representariam a etapa final da transformação dos mica-glaucofânio e os glaucofânio micaxistos. Nesta fase, a deformação vincula-se com um evento de cisalhamento muito intenso, o que favoreceu os reequilíbrios metamórficos pela quebra dos minerais e pela introdução de fluidos metamórficos hidratados. Segundo esta evolução, parece ser muito plausível associar-se o evento do metamorfismo retrógrado à exumação, que deve ter-se dado em zonas de cavalgamentos. No processo de exumação, é importante ressaltar também que pequenas lascas do manto foram arrancadas e colocadas em contato tectônico com as rochas da fácies xisto azul, e que atualmente são rochas ultramáficas intensamente serpentinizadas.

Em termos estruturais foram identificadas dois *fabricas* associados à geração das rochas de alta razão P/T, uma delas evidenciada na foliação pretérita observada em alguns cristais de glaucofânio e definida pelas inclusões de quartzo e mica orientadas e dobradas, e outra dada pela foliação milonítica, que destruiu e orientou os cristais de glaucofânio.

As reações metamórficas são indicativas das condições metamórficas e tectônicas as quais as rochas foram submetidas e é o reflexo da disponibilidade das fases presentes nos diferentes sistemas. Naturalmente, nem sempre é possível a determinação de todas as reações que ocorrem dentro de um evento metamórfico, pois muitas delas são tão intensas que obliteram toda evidência da existência de outras. Dentro dos mica-glaucofânio e glaucofânio micaxistos, pode-se determinar que algumas reações metamórficas aconteceram, embora elas não sejam completas, pois os restos de glaucofânio observados fazem pensar que no processo retrometamórfico a quantidade de água que entrou no sistema pelas zonas de cisalhamento não foi suficiente para completar as transformações dos minerais, ou que a velocidade da exumação foi muito rápida, impossibilitando a transformação retrometamórfica completa durante a

exumação. Mesmo assim, considerando-se as descrições de Spear (1995) uma das reações de transformação dos xistos azuis em xistos verdes pode ser:

O fato de terem parte das rochas da fácies xisto verde ainda relíquias de glaucofânio, indicaria, neste contexto, a reação não foi completada.

Muito embora a presença de prehnita não tenha sido confirmada, a pumpellyita encontrada pode sugerir que estas rochas puderam eventualmente alcançar a fácies prehnita–pumpellyita (~200 a 300°C e <1 a 4 kb). Na amostra 121C a pumpellyita é pós-cinemática e foi formada no metamorfismo retrógrado, o que corrobora sua relação com a exumação das rochas da área de Jambaló e com o modelo proposto.

A prehnita e a pumpellyita ocorrem com epidoto + clorita e outros minerais da fácies xisto verde baixa, incluindo actinolita, albita, estilpnomelano, mica branca, titanita e calcita ou lawsonita + albita e outras fases típicas da fácies xisto azul (Best, 2003), mas a prehnita não é estável na associação de mais alto grau da fácies prehnita–pumpellyita, na qual coexistem actinolita + pumpellyita + clorita + epidoto. Com o aumento da temperatura esses dois minerais reagem com clorita e quartzo para gerar epidoto + actinolita, mas em rochas pobres em clorita e quartzo a prehnita–pumpellyita permanecem estáveis quase até os 400 °C na fácies xisto verde (Best, 2003), o que reforça a interpretação acima.

De acordo com os tipos A (colisionais) e B (cordilheiranos) de xistos azuis apresentados por Maruyama (1995), Maruyama, *et al.*, (1996), as rochas da região de Jambaló corresponderiam ao tipo B, mas mesmo que muitas das características apresentadas na nesta classificação (Tabela 4.1), sejam atendidas pelas rochas do estudo, tem algumas características eu correspondem aos xistos azuis de tipo A (e.g. magmatismo bimodal dos protolitos), o que sugere que mesmo sendo um complexo de subducção, não é possível encaixar as rochas da região de Jambaló em um único tipo ou modelo de geração, reforçando a idéia de um processo de geração de xistos azuis tipicamente desta porção dos Andes. Além disso, considerando que a exumação ocorre por três processos: erosão, falhas normais e encurtamento dúctil (*ductile thinning*) (Ring, *et al.*, 1999), é possível pensar que as rochas de alta razão P/T de Jambaló foram afetadas por todos estes processos, embora não tenham sido observadas as relações de campo entre os diferentes litotipos.

Considerando que a cordilheira ocidental da Colômbia é formada por rochas vulcânicas, de idade principalmente cretácica, que eventualmente sofreram os efeitos de uma colisão com uma margem continental durante este período geológico, seria possível sugerir uma conexão entre a acreção de domínios de origem oceânico (evolução de arco vulcânico para *plateau* oceânico) e a evolução das rochas da região de Jambaló.

O possível processo de geração e exumação das rochas da fácies xisto azul da região de Jambaló é apresentado na Figura 16.2.

Figura 16.2. Esquema de evolução tectônica (geração e exumação) das rochas na fácies xisto azul da região de Jambaló. No estágio 1 mostra-se a subducção de um arco de ilhas sob uma placa oceânica. No estágio 2 observa-se a quebra e abandono de um fragmento placa subductada e conseqüente mudança no ângulo de subducção. No estágio 3 os fragmentos de crosta que foram metamorfizados em fácies xisto azul começam a serem incorporados na crosta continental através de falhas geradas pelo alívio das tensões na crosta continental e no estágio 4 mostram-se os xistos azuis colocados na crosta continental e com transformações para rochas da fácies xisto verde, assim como a presença de pequenas lascas de rochas ultramáficas arrancadas pelo durante o processo de exumação.

Na Figura 16.2, sugere-se que o metamorfismo da fácies xisto azul da região de Jambaló foram gerados a partir da subducção de um arco de ilhas sob outra placa oceânica. Em um estágio posterior a placa oceânica quebra e sofre uma mudança no ângulo de subducção que faz

com que o bloco que estava sendo metamorfizado na fácies xisto azul comece um processo de incorporação na crosta continental a partir de falhas geradas pelo relaxamento da crosta. Neste processo, fragmentos de rochas ultramáficas são arrancados e levados junto com as rochas de alta pressão que seriam colocadas na crosta continental. Entretanto, os sedimentos acumulados na fossa são submetidos a metamorfismo como parte do prisma acreção. Estes metassedimentos são juntamente colocados com as rochas da fácies xisto azul. No processo de colocação, o bloco inicial em fácies xisto azul sofre aquecimento que faz com que as rochas se transformassem em rochas da fácies xisto verde sobrando assim somente pequenas lentes de rochas de alta razão P/T preservadas. Toda esta seqüência de eventos pode ser acompanhada por magmatismo associado. Em termos gerais, a região de Jambaló pode corresponder a uma zona de colisão das rochas vulcânicas oceânicas mesozóicas (Figura 4.4).

Pelas análises geoquímicas das rochas encontradas na região de Jambaló, é possível determinar que os seus protolitos correspondem a rochas básicas que evoluíram para rochas de arco vulcânico e têm associados materiais típicos de precipitação em fundos oceânicos.

Pelos dados geocronológicos obtidos da região de Jambaló, sugere-se que estas rochas correspondam à zona de sutura das rochas vulcânicas oceânicas Mesozóicas com o flanco ocidental da Cordilheira Central, considerando que o choque deste bloco foi quem contribuiu com o processo de geração das rochas da fácies xisto azul. Esta hipótese é reforçada pela geoquímica, que apresenta as rochas de Jambaló como de arco vulcânico.

16.2 Barragán

Considerando a petrografia, química mineral, geoquímica e geocronologia Ar–Ar surgem algumas idéias sobre as condições de metamorfismo progressivo e retrógrado deu origem a associação de rochas de alta pressão do conjunto de litotipos da região de Barragán, assim como o possível ambiente de geração dos protolitos.

Com os dados petrográficos obtidos mostram o desenvolvimento da foliação metamórfica assim como a milonítica observada na maioria das amostras, sendo que estas duas foliações são fortes indicadoras de eventos tectono-metamórficos, um de caráter regional seguido e outro por cisalhamento, possivelmente relacionado com cavalgamentos e com a exumação das rochas de alta razão P/T.

Na região de Barragán observam-se poucos veios hidrotermais e mesmo atividade ígnea, razão pela qual as rochas desta área não se apresentam afetadas por metamorfismo térmico, muito embora a presença de andaluzita idioblástica e subidioblástica em um metapelito sugira a presença de rochas ígneas félsicas que não afloram ou não foram encontradas na região de estudo.

Os protolitos das rochas desta região correspondem principalmente a rochas básicas, como indicado pela petrografia, a química mineral e a geoquímica, sendo que com esta última

ferramenta determinou-se que os protolitos das rochas metamórficas de Barragán correspondem a basaltos de tipo MORB. O modelo de geração e exumação proposto para a região de Barragán e apresentado na Figura 16.3.

Figura 16.3. Esquema de evolução tectônica (geração e exumação) das rochas de alta pressão da região de Barragán. No estágio 1 mostra-se a subducção de uma placa oceânica sob uma placa continental. No estágio 2 observa-se a quebra e abandono de um fragmento placa subductada e conseqüente mudança no ângulo de subducção. No estágio 3 os fragmentos de crosta que foram metamorfisados em fácies xisto azul e possível eclogito começam a serem incorporados na crosta continental através de falhas geradas pelo alívio das tensões na crosta continental e no estágio 4 mostram-se os xistos azuis e possíveis eclogitos colocados na crosta continental e com transformações para rochas da fácies xisto verde, assim como a presença de pequenas lascas de rochas ultramáficas arrancadas pelo durante o processo de exumação.

O modelo de geração e exumação proposto para a região de Barragán (Figura 16.3) não apresenta muitas diferenças com o proposto para a região de Jambaló. A principal diferença é na subducção uma placa oceânica sem arcos de ilhas sob uma placa continental, já que os protolitos das rochas de alta pressão desta região são basaltos de tipo MORB. Neste caso, o estágio inicial começou com a subducção, seguido pela quebra e fragmentação da placa subductada, que foi metamorvisada na fácies xisto azul e, possivelmente, eclogito. Logo depois esta placa subductada teve o ângulo de subducção alterado e o bloco metamorvisado em fácies de alta pressão foram gradativamente incorporadas tectonicamente na crosta continental. Neste processo, lascas de rochas ultramáficas foram arrastadas e colocadas em contato tectônico com as rochas de alta pressão. As rochas de alta pressão sofreram um aquecimento que resultou na sua transformação gradativa para xisto verdes, assim como os possíveis eclogitos, resultando em corpos lenticulares, dentro dos quais se preservaram parcialmente os xistos azuis. As rochas sedimentares acumuladas na fossa foram também submetidas a metamorfismo no prisma de acreção e foram justapostas tectonicamente com o restante dos litotipos. O magmatismo associado à subducção pode eventualmente ter gerado metamorfismo de contato, como evidenciado em xistos com andaluzita.

Comparando com os modelos de evolução propostos, sugere-se que as rochas da região de Barragán tenham sido também geradas em regimes tectônicos intermediários entre o Franciscano e o Alpino, ou dos tipos A e B. Estes aspectos reforçam a hipótese da existência de um metamorfismo de fácies xisto azul que poderia ser tentativamente nomeado como do tipo Andino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, C. J., GRAHAM, I. J., JOHNSTON, M. R., 1999. Age and isotopic characterization of geological terranes in Marlborough Schist, Nelson/Marlborough, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology & Geophysics* **42**, 33–55.
- ADAMS, C. J., MAAS, R., 2004. Age/isotopic characterization of the Waipapa Group in Northland and Auckland, New Zealand, and implications for the status of the Waipapa Terrane. *New Zealand Journal of Geology & Geophysics* **47**, 173–187.
- AGARD, P., MONIÉ, P., GERBER, W., OMRANI, J., MOLINARO, M., LABROUSSE, L., VRIELYNCK, B., MEYER, B., JOLIVET, L., YAMATO, P., 2006. Transient, syn-obduction exhumation of Zagros blueschists inferred from P-T-d-t and kinematic constraints: implications for wedge dynamics. *Geophysical Research Abstracts* **8**, 02912.
- AHN, J.H., PEACOR, D.R., ESSENE, E.J., 1985. Coexisting paragonite-phengite in blueschist eclogite: a TEM study. *American Mineralogist* **70**, 1193–1204.
- ARMBRUSTER, T., BONAZZI, P., AKASAKA, M., BERMANEC, V., CHOPIN, C., GIERÉ, R., HEUSS-ASSBICHLER, S., LIEBSCHER, A., MENCHETTI, S., PAN, Y., PASERO, M., 2006. Recommended nomenclature of epidote-group minerals. *European Journal of Mineralogy* **18**, 551–567.
- ASPDEN, J.A., BONILLA, W., DUQUE, P., 1995. The El Oro metamorphic complex, Ecuador: geology and economic mineral deposits. *Overseas Geology and Mineral Resources* **67**. British Geological Survey Publication, Nottingham, 63 p.
- ASPDEN, J.A., McCOURT W.J., 1986. Mesozoic oceanic terrane in the Central Andes of Colombia. *Geology* **14**, 415–418.
- AVE-LALLEMANT, H.G., 1996. Displacement partitioning and arc-parallel extension: example from the southeastern Caribbean Plate Margin. In: BEBOUT, G.E., SCHOLL, D.W., KIRBY, S.H., PLATT, J.P. (Eds.), Subduction top to bottom. *American Geophysical Union, Geophysical Monograph* **96**, 113–118.
- BANERJEE, N.R., GILLIS, K.M., MUEHLENBACHS, K., 2000. Discovery of epidiosites in a modern oceanic setting, the Tonga forearc. *Geology* **28**, 151–154.
- BECCALUVA, L., OHNENSTETTER, D., OHNESTETTER, M., 1979. Geochemical discrimination between ocean-floor and island-arc-tholeites: application to some ophiolites. *Canadian Journal of Earth Sciences* **16**, 1874–1882.
- BERMAN, R.G., 1988. Internally consistent thermodynamic data for minerals in the system Na₂O-K₂O-CaO-MgO-FeO-Fe₂O₃-Al₂O₃-SiO₂-TiO₂-H₂O-CO₂. *Journal of Petrology* **29**, 445–522.
- BERMAN, R.G., 1991. Thermobarometry using multi-equilibrium calculations: a new technique, with petrological applications. *The Canadian Mineralogist* **29**, 833–855.
- BEST, M.G., 2003. *Igneous and metamorphic petrology*. 2nd edition. Blackwell Publishing Company. 729p.
- BETTISON-VARGA, L., VARGA, R.J., SCHIFFMAN, P., 1992. Relation between ore-forming hydrothermal systems and extensional deformation in the Solea Graben spreading center, Troodos Ophiolite, Cyprus. *Geology* **20**, 987–990.
- BOSCH, D., GABRIELE, P., LAPIERRE, H., MALFERE, J-L., JAILLARD, E., 2002. Geodynamic significance of the Raspas Metamorphic Complex (SW Ecuador): geochemical and isotopic constraints. *Tectonophysics* **345**, 83–102.
- BOURGOIS, J., TOUSSAINT, J.F., GONZALEZ, H., AZEMA, J., CALLE, B., DESMET, A., MURCIA, L.A., ACEVEDO, A.P., PARRA, E., TOURNON, J., 1987. Geological history of the Cretaceous ophiolitic complexes of northwestern South America (Colombian Andes). *Tectonophysics* **143**, 307–327.

- BOWES, D.R., 1989. *The encyclopedia of igneous and metamorphic petrology*. Van Nostrand Reinhold, pp. 184–187.
- BROWN, T.H., BERMAN, R., PERKINS E.H., 1988. Ge0-Calc; software package for calculation and display of pressure-temperature-composition phase diagrams using an IBM or compatible personal computer. *Computers and Geosciences* **14**, 279–289.
- BROWN, T.H., BERMAN, R., PERKINS E.H., 1989. PTA-SYSTEM; a Ge0-Calc software package for the calculation and display of activity-temperature-pressure phase diagrams. *American Mineralogist* **74**, 485–487.
- BUCHER, K., FREY, M., 1994. *Petrogenesis of metamorphic rocks*. Springer–Verlag, 318 p.
- CABANIS, B., LECOLLE, M., 1989. Le diagramme La/10-Y715-Nb/8: on outil por la discrimination fes séries volcaniques et la mise en évidence des processus de mélange et/ou de contamination crustale. *Comptes Rendus Academies Scièces Paris, Serie II*, 2023–2029.
- CASTELLI D., CONNOLLY, J.A.D., FRANCESCHI, G., 1997. VERTEXVIEW: an interactive program to analyze and plot petrological phase diagrams. *Computers and Geosciences* **23**, 883–888.
- CLAUER, N., CHAUDURI, S., 1999. Isotopic dating of very low-grade meta-sedimentary and meta-volcanic rocks. Methods and techniques. In: Frey, M., Robinson, D. (ed), *Low-Grade Metamorphism*. Blackwell-Science. 202-226.
- CLOOS, M., 1982. Flow melanges: numerical modeling and geologic constraints on their origin in the Franciscan subduction complex, California. *Geological Society of America Bulletin* **93**, 330–344.
- COLEMAN, R.G., 1972. Blueschist metamorphism and plate tectonics. Report of the Session. International Geological Congress, 24. Anais..., USGS, v. **2**, 19–26
- CONNOLLY, J.A.D., 1990. Multivariable phase diagrams; an algorithm based on generalized thermodynamics. *American Journal of Science* **290**, 666–718.
- COOMBS, D.S., NAKAMURA, Y., VUAGNAT, M., 1976. Pumpellyite-actinolite facies schists of the Taveyanne Formation near Loeche, Valais, Switzerland. *Journal of Petrology* **17**, 440–471.
- CORTESOGNO, L., LUCCHETTI, G., SPADEA, P., 1984. Pumpellyite in low-grade metamorphic rocks from Ligurian and Lucanian Apennines, Maritime Alps and Calabria (Italy). *Contributions to Mineralogy and Petrology* **85**, 14–24.
- DAHL, P. S., 1996. The effects of compositionon retentivity of argon and oxigen in hornblende and related amphiboles: A field-tested empirical model. *Geochemica et Cosmochemica Acta* **60**, 3687–3700.
- DALLMAYER R. A., TAKASU, A., 1992. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of detrital muscovite and whole-rock slate/phyllite, Narragansett Basin, RI-MA, USA: implications for rejuvenation during very low-grade metamorphism. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **110**, 515-527.
- DE CAPITANI, C., BROWN, T.H., 1987. The computation of chemical equilibrium in complex systems containing non-ideal solutions. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **51**, 2639–2652.
- DE SOUZA, H.A.F., ESPINOSA, A., DELALOYE, M., 1984. K-Ar ages of basic rocks in the Patia Valley, southwest Colombia. *Tectonophysics* **107**, 135–145.
- DEER, W.A., HOWIE, R.A., ZUSSMAN, J., 1986. *Rock-Forming Minerals*, vol 1B, *Disilicates and Ring Silicates* .vol 1B. Longman Scientific & Technical, England. 629 pp.
- DEER, W.A., HOWIE, R.A., ZUSSMAN, J., 1992. *An introduction to the rock-forming minerals*. Longman Scientific & Technical. USA. 696 p.

- DESMONS, J., SMULIKOWSKI, W., 2007. A systematic nomenclature for metamorphic rocks: 4. *High P/T metamorphic rocks. Recommendations by the IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks*. Recommendations, web version.
- DICKIN, A. P., 1995. *Radiogenic Isotope Geology*. Cambridge University Press. 490 p.
- DONG, H.L., HALL, C.M., PEACOR, D.R., HALLIDAY, A.N., 1995. Mechanisms of argon retention in clays revealed by laser ^{40}Ar - ^{39}Ar dating. *Science* **267**, 355–359.
- DRAPER, G., LEWIS J.F., 1991. Metamorphic belts of central Hispaniola. In: MANN, P., DRAPER, G., LEWIS, J.F., (Eds.), *Geologic development of the North American–Caribbean plate boundary in Hispaniola: Geological Society of America Special Paper* **262**, 29–45.
- DRITS, V.A., LINDGREEN, H., SAKHAROV, B.A., JAKOBSEN, H.J., FALLICK, A.E., SALYN, A.L., DAINYAK, L.G., ZVIAGINA, B.B., BARFOD, D.N., 2007. Formation and transformation of mixed-layer minerals by Tertiary intrusives in Cretaceous mudstones, West Greenland. *Clays and Clay Minerals* **55**, 260–283.
- DROOP, G.T.R., 1987. A general equation for estimating Fe^{3+} concentrations in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses, using stoichiometric criteria. - *Mineralogical Magazine* **51**, 431–435.
- EL SHAZLY, A.K., 1994. Petrology of lawsonite-, pumpellyite- and sodic amphibole-bearing metabasites from north-east Oman. *Journal of Metamorphic Geology* **12**, 23–48.
- ERNST, W.G., 1972. Occurrence and mineralogic evolution of blueschist belts with time. *American Journal of Science* **272**, 657–668.
- ERNST, W.G., 1988. Tectonic history of subduction zones inferred from retrograde blueschist P–T paths. *Geology* **16**, 1081–1084.
- ESKOLA, P., 1939. Die metamorphen Gesteine. In: Barth, T.F.W., Correns, C.W., Eskola, P. (Eds.), *Die Entstehung der Gesteine; Ein Lehrbuch der Petrogenese*. Springer, Berlin, pp. 263–407.
- ESQUIVEL, J., FLOREZ, D., NUÑEZ, A., 1981. Anfibolitas granatíferas, esquistos anfibólicos y rocas máficas - ultramáficas al Este de Buga - Palmira, Valle, Colombia. Resúmenes, III Congreso Colombiano de Geología, Medellín, 40–41.
- FAURE, G., 1986. *Principles of Isotope geology*. John Wiley & Sons. 589 p.
- FEENSTRA, A., 1996. An EMP and TEM-AEM study of margarite, muscovite and paragonite in polymetamorphic metabauxites of Naxos (Cyclades, Greece) and the implications of fine-scale mica interlayering and multiple mica generations. *Journal of Petrology* **37**, 201–233.
- FEININGER, T., 1980. Eclogite and related high-pressure regional metamorphic rocks from the Andes of Ecuador. *Journal of Petrology* **21**, 107–140.
- FEININGER, T., 1982. Glaucophane schist in the Andes at Jambaló, Colombia. *The Canadian Mineralogist* **20**, 41–47.
- FEININGER, T., BARRERO, D., CASTRO, N., 1972. Geología de los departamentos de Antioquia y Caldas (Sub zona IIB): *Boletín Geológico INGEOMINAS* **20**(2), 173 p.
- FITZHERBERT, J. A., CLARKE, G. L., POWELL, R., 2003. Lawsonite–Omphacite-Bearing Metabasites of the Pam Peninsula, NE New Caledonia: Evidence for Disrupted Blueschist- to Eclogite-Facies Conditions. *Journal of Petrology* **44**, 1805–1831.

- FORERO-SUÁREZ, A., 1991. Distribución de las rocas del Devónico en los Andes Colombianos. *En: Suarez, R(ed). Trabajos presentados en la reunión del Proyecto 193, Siluro-Devonian of Latin America. La Paz, Bolivia. Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos* **12**, 101–111.
- FYFE, W.S., TURNER, F.J., 1966. Reappraisal of the metamorphic facies concept. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **12**, 354–364.
- GILL, J.B., 1981. *Orogenic andesites and plate tectonics*. Springer Verlag, Berlin. 390 p.
- GIUNTA, G., BECCALUVA, L., COLTORTI, M., SIENA, F., VACCARO, C., 2002. The southern margin of the Caribbean Plate in Venezuela: tectono-magmatic setting of the ophiolitic units and kinematic evolution. *Lithos* **63**, 19–40.
- GONZÁLEZ, H., 1980. Geología de las planchas 167 (Sonsón) y 187 (Salamina). *Boletín Geológico INGEOMINAS* **23**, 174 p.
- GONZÁLEZ, H., 1997. Metagabros y eclogitas asociadas en el área de Barragán, departamento del Valle, Colombia. *Geología Colombiana* **22**, 151–170.
- GROTJOHANN, H., MCCOURT, W., 1981. Resultados de los trabajos corrientes en la cartografía geológica regional del departamento del Valle (Cordillera Central). Resúmenes, III Congreso Colombiano de Geología, Medellín, 3–4.
- GUIDOTTI, C. V., SASSI, F. P., SASSI, R., BLENCOE, J. G., 1994. The effects of ferromagnesian components on the paragonite-muscovite solvus: a semiquantitative analysis based on chemical data for natural paragonite-muscovite pairs. *Journal of Metamorphic Geology* **12**, 779–788.
- HALL, C.M., HIGUERAS, P.L., KESLER, S.E., LUNAR, R., DONG, H.L., HALLIDAY, A.N., 1997. Dating of alteration episodes related to mercury mineralization in the Almaden district, Spain. *Earth and Planetary Sciences Letters* **148**, 287–298.
- HEY M. H., 1954. A new review of the chlorites. *Mineralogical Magazine* **30**, 277–292.
- HIBBARD, 1995. *Petrography to petrogenesis*. Prentice Hall. USA. 335p.
- HUNZIKER, J. C., 1986. The evolution of illite to muscovite; an example of the behaviour of isotopes in low-grade metamorphic terrains. *Chemical Geology* **57**, 31–40.
- IRVINE, T.N., BARAGAR, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences* **8**, 523–548.
- JAILLARD, E., SOLER, P., CARLIER, G., MOURIER, T., 1990. Geodynamic evolution of the Northern and Central Andes during early and middle Mesozoic times: a Tethyan model. *Journal of the Geological Society of London* **147**, 1009–1022.
- JOHANNES, W., PUHAN, D., 1971. The calcite-aragonite transition, reinvestigated. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **31**, 28–38.
- JULIANI, C., McREATH, I., 1993. Petroquímica de metabasitos: metodologia para identificação de alterações magmáticas e pós-magmáticas. *Revista Geologia, Ciência & Técnica*, Centro Paulista de Estudos Geológicos – CEPEGE, **10**, 50–96.
- KERR, A.C., MARRINER, G.F., TARNEY J., NIVIA, A., SAUNDERS, A.D., THIRLWALL, M.F., SINTON, C.W., 1997. Cretaceous basaltic terranes in western Colombia: elemental, chronological and Sr–Nd isotopic constraints on petrogenesis. *Journal of Petrology* **38**, 677–702.
- KRETZ, R., 1983. Symbols for rock-forming minerals. *American Mineralogist* **68**, 277–279.
- LAVIS, S., PEARCE, J.A., KERR, A.C., NIU, Y., 2005. Recycling in Subduction Zones: Evidence from

blueschists and eclogites from NW China. *Geophysical Research Abstracts* **7**, 07584.

- LE MAITRE, R.W., STRECKEISEN, A., ZANETTIN, B., LE BAS, M.J., BONIN, B., BATEMAN, P., BELLINI, G., DUDEK, A., EFREMOVA, S., KELLER, J., LAMEYRE, J., SABINE, P.A., SCHMID, R., SORESEN, H., WOOLLEY, A.R., 2002. *Igneous rocks: a classification and glossary of terms*. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. 2 ed. Cambridge University Press, United Kingdom. 236 p.
- LEAKE, B. E., WOOLLEY, A. R., BIRCH, W. D., BURKE, E. A. J., FERRARIS, G., GRICE, J. D., HAWTHORNE, F. C., KISCH, H. J., KRIVOVICHEV, V. G., SCHUMACHER, J. C., STEPHENSON, N. C. N., WHITTAKER, E. J. W., 2004. Nomenclature of amphiboles: additions and revisions to the International Mineralogical Association's amphibole nomenclature. *Mineralogical Magazine* **68**, 209–215.
- LEAKE, B.E., WOOLLEY, A.R., ARPS, C.E.S., BIRCH, W.D., GILBERT, M.C., GRICE, J.D., HAWTHORNE, F.C., KATO, A., KISCH, H.J., KRIVOVICHEV, V.G., LINTHOUT, K., LAIRD, J., MANDARINO, J.A., MARESCH, W.V., NICKEL, E.H., ROCK, N.M.S., SCHUMACHER, J.C., SMITH, D.C., STEPHENSON, N.C.N., UNGARETTI, L., WHITTAKER, E.J.W., YOUZHI, G., 1997. Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, commission on new minerals and mineral names. *Canadian Mineralogist* **35**, 219–246.
- LITHERLAND, M., ASPDEN, J.A., EGUEEZ, A., 1993. The geotectonic evolution of Ecuador in the Phanerozoic. In: ISAG 93; *International Symposium on Andean Geodynamics*; Extended Abstracts, pp. 215–218.
- MAEKAWA, H., SHOZUI, M., ISHII, T., FRYER, P., PEARCE, J.A., 1993. Blueschist metamorphism in an active subduction zone, *Nature*, **364**, 520–523.
- MARUYAMA, S., 1995. Blueschist of the world and their exhumation model. *Bochumer geologische und geotechnische Arbeiten* **44**, 104–108.
- MARUYAMA, S., LIOU, J.G., TERABAYASHI, M., 1996. Blueschists and eclogites of the world and their exhumation. *International Geology Review* **38**, 485–594.
- MAYA M., GONZÁLEZ, H., 1995. Unidades litodémicas en la Cordillera Central de Colombia. *Boletín Geológico INGEOMINAS* **35**, 43–57.
- MAYA, M., 2001. Distribución, facies y edad de las rocas metamórficas en Colombia. Informe I-2426. INGEOMINAS, 57 p.
- McCOURT, W.J., 1984. The geology of the central Cordillera in the departments of Valle del Cauca, Quindio and NW Tolima (Sheets 243, 261, 262, 280 Y 300). INGEOMINAS - Misión Británica, Informe interno.
- McCOURT, W.J., FEININGER, T., 1984. High pressure metamorphic rocks in the Central Cordillera of Colombia. *British Geological Survey Reprint Series* **84**, 28–35.
- MCDUGALL, I., HARRISON, T. M., 1999. *Geochronology and thermochronology by the Ar/Ar method*. Oxford University Press. 269 p.
- MCCLENNAN, S. M., HEMMING, S., MCDANIEL, D. K., HANSON, G. N., 1993. Geochemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics. *Geological Society of America, Special Paper* **284**, 21–40.
- MEGARD, F., 1987. Cordilleran Andes and Marginal Andes: A review of andean geology North of the Arica elbow (18°S). *American Geophysical Union Monography* **18**, 71–95.
- MESCHÉDE, M., 1986. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb–Zr–Y diagram. *Chemical Geology* **56**, 207–218.

- MIHALYNUK, M.G., ERDMER, P., GHENT, E.D., CORDEY, F., ARCHIBALD, D.A., FRIEDMAN, R.M., JOHANNSON, G.G., 2004. Coherent French Range blueschist: Subduction to exhumation in <2.5 m.y.?. *Geological Society of America Bulletin* **116**, 910-922.
- MIYASHIRO, A., 1957. The chemistry, optics and genesis of the alkali amphiboles. *Journal of the Faculty of Science, University of Tokyo, Section II*, **11**, 57-83.
- MIYASHIRO, A., 1961. Evolution of metamorphic belts. *Journal of Petrology* **2**, 277-311.
- MIYASHIRO, A., 1975. Tholeiitic and calc-alkalic series in relation to the behaviors of titanium, vanadium, chromium, and nickel. *American Journal of Science* **275**, 265-277.
- MOJICA, J., ARÉVALO, O. J., BLANCO, M., CAICEDO, H., ESPINOSA, A., 2001. Geología del Flanco Occidental de la Cordillera Central entre Salento, Génova y Caicedonia, Quindío - Valle, Colombia. VIII Congreso Colombiano de Geología, Memorias (CD).
- MOSQUERA, D., 1978. Geología del Cuadrángulo K-8. Informe interno. INGEOMINAS, 1-78.
- MOSQUERA, D., NUÑEZ, A., VESGA, J., 1982. Mapa geológico de la Plancha 244 -Ibagué-, Escala 1:100.000. INGEOMINAS.
- MURCIA, A., CEPEDA, H., 1991a. Mapa geológico de la Plancha 410 -La Unión-, Escala 1:100.000. INGEOMINAS.
- MURCIA, A., CEPEDA, H., 1991b. Mapa geológico de la Plancha 429 -Pasto-, Escala 1:100.000. INGEOMINAS.
- NEHLIG, P., JUTEAU, T., BENDEL, V., COTTEN, J., 1994. The root zones of oceanic hydrothermal systems; constraints from the Samail Ophiolite (Oman). *Journal of Geophysical Research, B, Solid Earth and Planets* **99**, 4703-4713.
- NELSON, W., 1957. Contribution to the Geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the Sector Between Ibaguè and Cali. *Leidse Geologische Mededelingen* **22**, 1-75.
- NESSE, W.D., 1991. *Introduction to optical mineralogy*. 3rd edition. Oxford University Press. USA. 349 p.
- NOBLE, S.R., ASPDEN, J.A., JEMIELITA, R., 1997. Northern Andes Crustal Evolution: New U-Pb geochronological constraints from Ecuador. *Geological Society of America Bulletin* **109**, 789-798.
- NÚÑEZ, A., MURILLO, A., 1978. Esquistos de glaucófana en el municipio de Pijao, Quindio (Colombia). Congreso Colombiano de Geología, 2, Bogotá, Resúmenes..., pp. 1-18.
- OKAY, A.I., 1980. Mineralogy, petrology and phase relations of glaucophane-lawsonite zone blueschists from the Tavşanlı region, Northwest Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **72**, 243-255.
- OKUYAMA, K.Y., 1985. Margarite-paragonite-muscovite assemblages from the low-grade metapelites of the Tono metamorphic aureole, Kitakami Mountains, Northeast Japan. *Journal of the Japanese Association of Mineralogists, Petrologists and Economic Geologists* **80**, 515-525.
- ORREGO, A., CEPEDA, H., RODRIGUEZ, G., 1980. Esquistos Glaucofánicos en el área de Jambaló, Cauca (Colombia). *Geología Norandina* **1**, 5-10.
- ORREGO, A., LEON, L., PADILLA, L., ACEVEDO, A.P., MARULANDA, N., 1993. Mapa geológico de la Plancha 364 -Timbío; Escala 1:100.000. INGEOMINAS.
- ORREGO, A., PARÍS, G., 1991. Mapa geológico del Cuadrángulo N-6 Popayán; Informe interno. Escala 1:100.000, INGEOMINAS.

- ORREGO, A., RESTREPO J.J., TOUSSAINT J.F., LINARES, E., 1980b. Datación de un esquistó sericítico de Jambaló, Cauca. *Publicación Especial – Geología Universidad Nacional* **25**, 133–134.
- PASSCHIER, C. W., TROUW, R. A, 1996. *Microtectonics*. Springer. 288p.
- PEARCE, J. A, 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. *In*: Thorpe, R. S. (ed) *Andesites*. John Wiley & Sons. 525–548.
- PEARCE, J. A, NORRY, 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **69**, 33–47.
- PEARCE, J.A., 2008. Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos* **100**, 14–48.
- PEARCE, J.A., CANN, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. *Earth and Planetary Sciences Letters* **19**, 290–300.
- PETTKE, T., HALLIDAY, A.N., HALL, C.M., REA, D.K., 2000. Dust production and deposition in Asia and the north Pacific Ocean over the past 12 Myr. *Earth and Planetary Science Letters* **178**, 397–413.
- PLATT, J.P., 1987. The uplift of high-pressure–low-temperature metamorphic rocks. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* **A321**, 87–103.
- POWELL, R. & HOLLAND. T.J.B., 1985. An internally consistent thermodynamic dataset with uncertainties and correlations: I Methods and worked example. *Journal of Metamorphic Geology*, **1**: 327–342.
- POWELL, R. & HOLLAND. T.J.B., 1988. An internally consistent thermodynamic dataset with uncertainties and correlations: III Applications to geobarometry, worked examples and a computer program. *Journal of Metamorphic Geology*, **6**: 173–204.
- RESTREPO, J.J., TOUSSAINT, J.F., 1975. Edades radiométricas de algunas rocas de Antioquia, Colombia. *Publicación Especial de Geología, Universidad Nacional Medellín* **6**, 1-24.
- RESTREPO, J.J., TOUSSAINT, J.F., 1982. Metamorfismos superpuestos en la Cordillera Central de Colombia: V Congreso Latinoamericano de Geología, Argentina. *Actas* **3**, 505–512.
- RESTREPO, J.J., TOUSSAINT, J.F., 1984. Unidades Litológicas de los Alrededores de Medellín: Primera Conferencia de Riesgos Geológicos del Valle de Aburrá, Medellín, 25 p.
- RESTREPO, J.J., TOUSSAINT, J.F., 1988. Terranes and continental accretion in the Colombian Andes. *Episodes* **11**, 189–193.
- RICHARDSON, C.J., CANN, J.R., RICHARDS, H.G., COWAN, J.G., 1987. Metal-depleted root zones of the Troodos ore-forming hydrothermal systems, Cyprus. *Earth and Planetary Science Letters* **84**, 243–253.
- RING, U., BRANDON, M.T., WILLET, S.D., LISTER, G.S., 1999. Exhumation processes. *In*: RING, U., BRANDON, M.T., WILLET, S.D., LISTER, G.S. (eds) *Exhumation Processes: Normal Faulting, Ductile Flow and Erosion*. Geological Society, London, Special Publications **154**, 1–27.
- RUBATTO, D., 2002. Zircon trace element geochemistry: partitioning with garnet and the link between U–Pb ages and metamorphism. *Chemical Geology* **184**, 123–138.
- SCHIFFMAN, P., SMITH, B.M., VARGA, R.J., MOORES, E.M., 1987. Geometry, conditions and timing of off-axis hydrothermal metamorphism and ore-deposition in the Solea Graben. *Nature* **325**, 423–425.
- SCHMID, R., FETTES, D., HARTE, B., DAVIS, E., DESMONS, J., 2007. A systematic nomenclature for metamorphic rocks: 1. *How to name a metamorphic rock*. Recommendations by the IUGS Subcommittee on the Systematics of Metamorphic Rocks. *Recommendations*, web version.

- SCHULMANN, K., FARYAD, S.W., LEXA, O., 2004. Evolutionary Model for exhumation of the Meliata Blueschists, Western Carpathians (Slovakia). *Geolines* **17**, 81.
- SHAU, Y.H., FEATHER, M.E., ESSENE, E.J., PEACOR, D.R., 1991. Genesis and solvus relations of submicroscopically intergrown paragonite and phengite in a blueschist from Northern California. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **106**, 367–378.
- SHERVAIS, J. W., 1982. Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. *Earth and Planetary Science Letters* **59**, 101–118.
- SMITH, C.A., SISSON, V.B., AVÉ-LALLEMANT, H.G., COPELAND, P., 1999. Two contrasting pressure–temperature–time paths in the Villa de Cura blueschist belt, Venezuela: Possible evidence for Late Cretaceous initiation of subduction in the Caribbean. *Geological Society of America Bulletin* **111**, 831–848.
- SORENSEN, S.S., 1986. Petrologic and geochemical comparison of the blueschist and greenschist units of the Catalina Schist terrane, southern California. *In*: Evans, B.W., Brown, E.H. (eds). *Blueschists and Eclogites. Geological Society of America Memoir* **164**, 59–75.
- SPEAR, F.S., 1989. Petrologic determination of metamorphic pressure-temperature-time paths. *In*: Spear, F.S., Peacock, S.M., 1989. *Metamorphic Pressure-temperature-time paths. Short Course in Geology*, American Geophysical Union, Washington D.C., 1–55 p.
- SPEAR, F.S., 1995. *Metamorphic phase equilibria and pressure–temperature–time paths*. Mineralogical Society of America, 799 p.
- SPRY, A., 1969. *Metamorphic textures*. Pergamon Press. Great Britain. 350 p.
- SUN, S., McDONOUGH, W. F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *In*: Saunderson, A. D., Norry, M. J. (Eds), *Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society Special Publication* **42**, 313–345.
- TISCHENDORF, G., 1997. On Li-bearing micas: estimating Li from electron microprobe analyses and an improved diagram for graphical representation. *Mineralogical Magazine* **61**, 809–834.
- TOUSSAINT, J.F., 1993. Evolución Geológica de Colombia, Precámbrico-Paleozoico. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 229 p.
- TOUSSAINT, J.F., 1996. *Evolución Geológica de Colombia*. Cretácico. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 277 p.
- TOUSSAINT, J.F., RESTREPO, J.J., 1978. Edad cretácea de una anfíbolita granatífera de Pijao, Quindío. *Publicación Especial Geológica, Universidad Nacional Medellín* **17**, 1–2.
- TRÖGER, W.E., 1979. *Optical determination of rock-forming minerals*. Part I determinative tables. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Deutschland. 188 p.
- VERNON, R.H., 2005. *A Practical Guide to Rock Microstructure*. Cambridge University Press. UK. 552 p.
- VILLA, I., 1997. Isotopic Closure. *Terra Nova* **10**, 42–47.
- VINASCO, C. J., CORDANI, U.G., WEBER, M., PELAEZ, C., 2006. Geochronological, isotopic, and geochemical data from Permo-Triassic granitic gneisses. *Journal of South American Earth Sciences* **21**, 355–371.
- VINASCO, C., 2001. A utilização da metodologia ^{40}Ar – ^{39}Ar para o estudo de reativações tectônicas em zonas de cisalhamento. Paradigma – o falhamento de Romeral nos Andes Centrais da Colômbia. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 112 p.

- WEBER, M.B.I., TARNEY, J., KEMPTON, P.D. KENT R.W., 2002. Crustal make-up of the northern Andes: evidence based on deep crustal xenolith suites, Mercaderes, SW Colombia. *Tectonophysics* **345**, 49–82.
- WILSON, M., 1989. *Igneous Petrogenesis*. Seventh reprinted. Chapman & Hall. 467p
- WINCHESTER, J. A, FLOYD, P. A, 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile element. *Chemical Geology* **20**, 325–343.
- WINCHESTER, J.A., MAX, M.D., 1989. Tectonic setting discrimination in clastic sequences; an example from the late Proterozoic Erris Group, NW Ireland. *Precambrian Research* **45**, 191–201.
- WOOD, D. A., 1980. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to the establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of British tertiary volcanic province. *Earth and Planetary Science Letters* **50**, 11–30.
- YARDLEY B.W.D., 1989. *An introduction to metamorphic petrology*. Longman Scientific & Technical, UK, 248 p.
- ZHANG, R.Y., LIOU, J.G., ZHENG, Y.F., FU, B., 2003. Transition of UHP eclogites to gneissic rocks of low-amphibolite facies during exhumation: evidence from the Dabie terrane, central China. *Lithos* **70**, 269–291.

ANEXOS

- I. Mapa esquemático da região de Jambaló
- II. Mapa esquemático da região de Barragán
- III. Análises de química mineral selecionadas da região de Jambaló
- IV. Análises de química mineral selecionadas da região de Barragán
- V. Análises geoquímicas completas das amostras da região de Jambaló
- VI. Análises geoquímicas completas das amostras da região de Barragán

ANEXOS I e II. Mapas esquemáticos das regiões de Jambaló e Barragán

Anexo II. No mapa da esquerda, apresenta-se a Colômbia no contexto de América do Sul e o departamento de Valle del Cauca no contexto da Colômbia. Da mesma forma, apresenta-se a área de estudo dentro do departamento de Valle del Cauca. À direita, mostra-se um mapa esquemático da região de Barragán, no qual se apresenta a interpretação da geologia da área de estudo.

ANEXO III. Análises de química mineral selecionadas da região de Jambaló

Análises de química mineral de **antibolio** selecionados da região de Jambaló

Amostra	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
Análise	335	336	337	338	339	340	342	343	344	345	389	390	391	392	393	394	395	396
SiO2	51.38	52.45	52.45	51.33	53.12	53.96	51.70	51.43	47.39	51.41	52.15	53.89	53.54	49.92	47.48	51.83	53.19	53.59
TiO2	0.06	0.04	0.00	0.12	0.10	0.12	0.02	0.08	0.29	0.02	0.00	0.12	0.08	0.04	0.35	0.00	0.08	0.08
Al2O3	2.57	3.13	4.21	5.54	2.87	2.79	5.37	4.86	9.95	4.09	3.51	1.72	5.35	5.17	9.70	3.40	3.06	2.73
FeO	18.10	19.60	18.10	17.20	18.33	16.28	18.32	18.31	19.18	17.83	18.40	17.12	16.76	19.77	19.29	19.67	18.76	19.16
MnO	0.35	0.48	0.46	0.47	0.52	0.32	0.39	0.53	0.36	0.42	0.46	0.41	0.37	0.52	0.46	0.47	0.50	0.49
MgO	12.59	11.20	11.55	11.35	12.29	12.30	11.03	11.05	9.03	11.98	11.37	12.80	11.83	11.41	8.48	11.13	11.41	11.30
CaO	10.06	7.68	7.89	7.38	8.44	9.65	7.48	7.93	7.04	9.81	8.28	10.47	7.23	7.59	6.92	8.06	7.31	7.84
Na2O	1.79	2.62	2.85	3.22	2.45	1.90	3.14	2.85	4.20	1.86	2.81	1.15	3.30	2.36	4.33	2.67	3.01	2.71
K2O	0.21	0.17	0.16	0.16	0.13	0.14	0.16	0.18	0.30	0.17	0.20	0.08	0.10	0.15	0.29	0.14	0.10	0.14
F	0.17	0.06	0.09	0.19	0.09	0.03	0.00	0.10	0.10	0.44	0.17	0.10	0.00	0.22	0.23	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.01
TOTAL	97.28	97.41	97.78	96.95	98.33	97.48	97.60	97.31	97.84	98.05	97.34	97.85	98.56	97.15	97.53	97.40	97.42	98.06
O_F_Cl	0.07	0.03	0.04	0.08	0.04	0.01	0.00	0.04	0.04	0.19	0.07	0.04	0.00	0.10	0.10	0.01	0.00	0.00
O_F	0.07	0.02	0.04	0.08	0.04	0.01	0.00	0.04	0.04	0.18	0.07	0.04	0.00	0.09	0.10	0.00	0.00	0.00
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	97.21	97.38	97.74	96.87	98.29	97.47	97.60	97.27	97.80	97.86	97.27	97.81	98.56	97.05	97.43	97.39	97.42	98.06
Si	7.53	7.61	7.56	7.45	7.62	7.83	7.46	7.48	6.91	7.48	7.62	7.81	7.58	7.21	6.99	7.55	7.69	7.73
Al	0.44	0.40	0.44	0.56	0.38	0.17	0.54	0.53	1.09	0.52	0.38	0.19	0.42	0.79	1.01	0.45	0.32	0.27
Fe3	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Cal	0.00	0.14	0.28	0.39	0.10	0.31	0.37	0.31	0.62	0.18	0.22	0.10	0.47	0.09	0.67	0.13	0.21	0.19
CCr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CFe3	0.74	1.09	0.89	0.91	0.96	0.27	0.95	0.90	0.96	0.72	0.74	0.48	0.82	1.66	0.80	1.03	0.97	0.86
Cti	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00	0.01	0.01
CMg	2.75	2.42	2.48	2.45	2.63	2.66	2.37	2.39	1.96	2.60	2.48	2.77	2.50	2.46	1.86	2.42	2.46	2.43
CFe2	1.46	1.28	1.29	1.18	1.23	1.71	1.26	1.33	1.38	1.45	1.51	1.59	1.16	0.73	1.58	1.37	1.30	1.45
CMn	0.04	0.06	0.06	0.06	0.06	0.04	0.05	0.07	0.05	0.05	0.06	0.05	0.04	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Cca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_C	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
BMg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BFe2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BMn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BCa	1.58	1.19	1.22	1.15	1.30	1.50	1.16	1.24	1.10	1.53	1.30	1.63	1.10	1.17	1.09	1.26	1.13	1.21
BNa	0.42	0.74	0.78	0.85	0.68	0.50	0.85	0.77	0.90	0.47	0.70	0.32	0.90	0.66	0.91	0.74	0.84	0.76
SUM_B	2.00	1.93	2.00	2.00	1.98	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.95	2.00	1.84	2.00	2.00	1.98	1.97
ACa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ANa	0.09	0.00	0.02	0.05	0.00	0.04	0.03	0.04	0.29	0.05	0.09	0.00	0.00	0.00	0.33	0.01	0.00	0.00
AK	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.06	0.03	0.04	0.02	0.02	0.03	0.06	0.03	0.02	0.03
SUM_A	0.13	0.03	0.05	0.08	0.03	0.06	0.06	0.07	0.34	0.09	0.13	0.02	0.02	0.03	0.38	0.04	0.02	0.03
SUM_CAT	15.13	14.96	15.05	15.08	15.00	15.06	15.06	15.07	15.34	15.09	15.13	14.96	15.02	14.86	15.38	15.04	14.99	15.00
CCl	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CF	0.08	0.03	0.04	0.09	0.04	0.02	0.00	0.05	0.05	0.20	0.08	0.05	0.00	0.10	0.11	0.00	0.00	0.00

Análises de química mineral de **antibolio** selecionados da região de Jambaló

Amostra	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A
Análise	001	005	002	003	004	006	007	008	009	010	011	012	013	014	015	016	017	018
SiO2	56.29	55.95	55.64	56.03	55.70	54.63	53.83	55.38	55.87	57.05	53.19	55.18	53.90	57.16	57.19	55.79	56.91	55.90
TiO2	0.06	0.00	0.10	0.00	0.16	0.08	0.21	0.14	0.10	0.02	5.71	0.00	0.08	0.02	0.20	0.02	0.00	0.06
Al2O3	11.44	9.39	11.08	11.43	8.95	8.27	8.88	9.24	10.62	11.20	10.48	10.09	8.28	11.32	11.57	11.11	10.96	10.15
FeO	11.18	13.62	11.90	11.06	14.29	15.43	15.03	13.51	11.89	10.35	10.75	12.08	15.36	10.65	10.56	11.85	11.45	11.79
MnO	0.10	0.11	0.09	0.06	0.08	0.13	0.13	0.17	0.07	0.10	0.04	0.10	0.16	0.09	0.12	0.07	0.07	0.11
MgO	10.44	10.11	10.10	10.19	10.50	10.05	9.75	10.52	10.66	10.37	9.38	10.60	9.97	10.39	10.23	10.45	10.53	10.65
CaO	0.78	0.76	0.85	0.52	0.86	0.95	1.23	1.20	1.06	0.49	0.57	1.43	1.13	0.61	0.62	1.13	0.70	1.41
Na2O	7.11	6.81	7.01	6.98	6.81	6.72	6.47	6.72	6.84	7.15	6.47	6.73	6.78	7.04	6.94	6.72	6.94	6.60
K2O	0.00	0.02	0.03	0.00	0.01	0.01	0.01	0.05	0.03	0.01	0.01	0.03	0.04	0.02	0.02	0.01	0.03	0.01
F	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03	0.11	0.21	0.17	0.14	0.00	0.00	0.14	0.00	0.09	0.00	0.14	0.04
Cl	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
TOTAL	97.38	96.77	96.84	96.28	97.37	96.31	95.65	97.11	97.31	96.86	96.59	96.25	95.83	97.30	97.54	97.15	97.73	96.70
O_F_Cl	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.05	0.09	0.07	0.06	0.00	0.00	0.06	0.00	0.04	0.00	0.06	0.01
O_F	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.05	0.09	0.07	0.06	0.00	0.00	0.06	0.00	0.04	0.00	0.06	0.01
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	97.38	96.77	96.82	96.28	97.37	96.30	95.60	97.02	97.24	96.80	96.59	96.25	95.77	97.30	97.50	97.15	97.67	96.69
Si	7.72	7.77	7.71	7.75	7.70	7.68	7.64	7.70	7.70	7.85	7.45	7.71	7.65	7.82	7.81	7.68	7.78	7.75
Al	0.28	0.23	0.29	0.25	0.30	0.32	0.36	0.30	0.30	0.15	0.55	0.29	0.35	0.18	0.19	0.32	0.22	0.25
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Cal	1.57	1.31	1.52	1.61	1.16	1.05	1.12	1.22	1.42	1.67	1.18	1.37	1.04	1.65	1.68	1.48	1.54	1.41
CCr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CFe3	0.58	0.85	0.62	0.61	1.03	1.13	1.05	0.88	0.72	0.42	0.24	0.67	1.07	0.48	0.45	0.71	0.64	0.63
Cti	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.60	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01
CMg	2.13	2.10	2.09	2.10	2.17	2.11	2.06	2.18	2.19	2.13	1.96	2.21	2.11	2.12	2.08	2.14	2.15	2.20
CFe2	0.70	0.73	0.76	0.67	0.62	0.69	0.74	0.69	0.66	0.77	1.02	0.74	0.75	0.74	0.76	0.66	0.67	0.74
CMn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_C	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
BMg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BFe2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BMn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BCa	0.11	0.11	0.13	0.08	0.13	0.14	0.19	0.18	0.16	0.07	0.09	0.21	0.17	0.09	0.09	0.17	0.10	0.21
BNa	1.89	1.83	1.87	1.87	1.83	1.83	1.78	1.81	1.83	1.91	1.76	1.79	1.83	1.87	1.84	1.79	1.84	1.78
SUM_B	2.00	1.95	2.00	1.95	1.95	1.98	1.97	1.99	1.98	1.98	1.84	2.00	2.00	1.96	1.93	1.96	1.94	1.98
ACa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ANa	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AK	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
SUM_A	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
SUM_CAT	15.00	14.95	15.02	14.95	14.95	14.98	14.97	15.00	14.99	14.98	14.85	15.04	15.05	14.96	14.93	14.96	14.95	14.99
CCl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CF	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.05	0.09	0.08	0.06	0.00	0.00	0.06	0.00	0.04	0.00	0.06	0.02

Análises de química mineral de **antibolio** selecionados da região de Jambaló

123A 019	123A 020	123A 021	123A 022	123A 023	123A 024	123A 025	123A 026	123A 027	123A 028	123A 029	123A 030	123A 031	123A 032	123A 033	123A 034	123A 035	123A 036	123A 037
54.91	55.98	56.96	54.88	56.78	54.94	55.09	55.61	56.27	55.82	56.52	55.31	54.69	56.42	55.25	55.75	57.87	57.24	55.01
0.06	0.00	0.06	0.04	0.08	0.23	0.17	0.06	0.02	0.08	0.04	0.00	0.25	0.00	0.21	0.02	0.20	0.04	0.12
10.04	10.68	11.17	9.57	10.40	7.74	8.05	7.37	10.36	11.13	11.53	10.60	10.36	10.46	8.02	10.67	11.61	11.11	7.98
12.96	12.06	10.71	12.17	12.24	15.51	14.33	15.42	12.24	11.64	10.32	11.85	11.54	12.66	14.81	12.44	10.24	11.22	15.51
0.16	0.08	0.05	0.15	0.06	0.10	0.12	0.11	0.08	0.10	0.08	0.08	0.14	0.10	0.08	0.11	0.03	0.06	0.10
10.30	10.14	10.23	11.35	10.40	9.96	10.19	10.60	10.32	10.09	10.18	10.51	10.61	10.07	10.22	10.05	10.40	10.23	10.24
1.32	0.74	0.45	2.51	0.62	1.05	0.79	0.92	1.10	0.97	0.32	1.41	2.40	0.88	0.86	1.00	0.41	0.50	1.11
6.48	6.83	7.08	5.90	7.05	6.75	6.89	6.82	6.75	6.83	7.26	6.61	5.96	6.57	6.72	6.88	7.12	7.08	6.65
0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.03	0.02	0.03	0.00	0.00	0.02	0.04	0.01	0.02	0.04	0.02	0.01	0.03
0.10	0.10	0.00	0.00	0.07	0.00	0.03	0.05	0.18	0.03	0.13	0.15	0.18	0.17	0.10	0.03	0.11	0.00	0.07
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01
96.34	96.61	96.73	96.60	97.70	96.32	95.71	96.96	97.35	96.69	96.38	96.54	96.15	97.35	96.29	97.00	98.04	97.48	96.81
0.05	0.04	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.02	0.08	0.01	0.06	0.06	0.07	0.07	0.04	0.01	0.05	0.00	0.03
0.04	0.04	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.02	0.07	0.01	0.06	0.06	0.07	0.07	0.04	0.01	0.05	0.00	0.03
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
96.29	96.57	96.73	96.60	97.67	96.32	95.69	96.94	97.27	96.68	96.32	96.48	96.08	97.28	96.25	96.99	97.99	97.48	96.78
7.67	7.76	7.84	7.64	7.78	7.75	7.79	7.76	7.77	7.73	7.82	7.70	7.67	7.77	7.76	7.73	7.85	7.83	7.71
0.33	0.24	0.16	0.36	0.22	0.25	0.21	0.24	0.23	0.27	0.18	0.30	0.33	0.23	0.24	0.28	0.15	0.17	0.30
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
1.32	1.50	1.65	1.21	1.46	1.04	1.13	0.98	1.45	1.55	1.69	1.43	1.38	1.46	1.09	1.47	1.71	1.62	1.02
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.85	0.69	0.47	0.80	0.69	0.99	0.92	1.13	0.64	0.58	0.44	0.67	0.54	0.75	1.01	0.65	0.40	0.52	1.11
0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01
2.14	2.09	2.10	2.35	2.12	2.10	2.15	2.21	2.12	2.08	2.10	2.18	2.22	2.07	2.14	2.08	2.10	2.09	2.14
0.66	0.71	0.77	0.62	0.71	0.84	0.77	0.68	0.78	0.77	0.75	0.71	0.81	0.71	0.73	0.79	0.76	0.76	0.71
0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	0.11	0.07	0.38	0.09	0.16	0.12	0.14	0.16	0.14	0.05	0.21	0.36	0.13	0.13	0.15	0.06	0.07	0.17
1.76	1.84	1.89	1.59	1.87	1.84	1.88	1.85	1.81	1.84	1.95	1.78	1.62	1.75	1.83	1.85	1.87	1.88	1.81
1.95	1.95	1.96	1.97	1.96	2.00	2.00	1.98	1.97	1.98	1.99	1.99	1.98	1.88	1.96	2.00	1.93	1.95	1.97
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
14.95	14.95	14.96	14.97	14.96	15.01	15.01	14.99	14.98	14.98	14.99	15.00	14.99	14.89	14.96	15.00	14.94	14.95	14.98
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
0.05	0.05	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.02	0.08	0.01	0.06	0.07	0.08	0.08	0.04	0.01	0.05	0.00	0.03

Análises de química mineral de **antibolio** selecionados da região de Jambaló

Amostra	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124
Análise	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275
SiO2	59.38	58.84	57.95	58.33	56.01	57.42	58.43	58.65	58.83	57.91
TiO2	0.01	0.01	0.12	0.04	0.04	0.11	0.00	0.02	0.03	0.06
Al2O3	11.18	10.89	10.58	10.80	10.24	10.19	10.17	9.88	10.72	10.66
FeO	13.24	13.47	14.16	14.19	15.31	14.58	13.51	14.01	12.88	13.89
MnO	0.09	0.21	0.22	0.18	0.27	0.21	0.11	0.18	0.18	0.24
MgO	8.72	8.70	8.59	8.30	7.62	8.28	7.61	8.69	8.43	8.23
CaO	0.55	0.54	0.91	0.91	1.70	1.05	0.22	0.43	0.30	0.88
Na2O	7.20	7.03	7.13	6.88	6.63	6.58	7.17	7.07	6.91	6.62
K2O	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.03
F	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	100.38	99.70	99.67	99.67	97.89	98.45	97.23	98.95	98.28	98.56
O_F_Cl	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02
O_F	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	100.38	99.70	99.67	99.66	97.87	98.45	97.23	98.94	98.28	98.54
Si	7.98	7.96	7.90	7.94	7.87	7.92	8.16	8.02	8.05	7.96
Al	0.02	0.04	0.10	0.06	0.13	0.08	0.00	0.00	0.00	0.04
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.16	8.02	8.05	8.00
Cal	1.75	1.70	1.60	1.68	1.57	1.58	1.67	1.59	1.73	1.68
CCr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CFe3	0.22	0.34	0.32	0.29	0.23	0.40	0.01	0.38	0.24	0.32
Cti	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
CMg	1.75	1.76	1.75	1.68	1.60	1.70	1.58	1.77	1.72	1.69
CFe2	1.27	1.19	1.30	1.33	1.57	1.28	1.57	1.22	1.24	1.28
CMn	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.03
Cca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.04	0.00
SUM_C	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.88	5.00	4.99	5.00
BMg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BFe2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BMn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BCa	0.08	0.08	0.13	0.13	0.26	0.16	0.00	0.05	0.00	0.13
BNa	1.88	1.84	1.87	1.82	1.75	1.76	1.94	1.87	1.84	1.76
SUM_B	1.96	1.92	2.00	1.95	2.00	1.92	1.94	1.92	1.84	1.89
ACa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ANa	0.00	0.00	0.02	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
SUM_A	0.00	0.00	0.02	0.00	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
SUM_CAT	14.96	14.92	15.02	14.95	15.07	14.92	14.98	14.94	14.88	14.90
CCl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CF	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02

Análises de química mineral de **antibolio** selecionados da região de Jambaló

Amostra	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J
Análise	081	082	083	084	085	086	087	088	089	090	091	092	093	094	095	096	097	098
SiO2	56.90	56.59	55.11	55.00	56.51	56.16	56.40	56.30	56.71	56.77	56.39	56.99	56.84	57.56	56.33	58.03	55.40	56.77
TiO2	0.06	0.10	0.19	0.33	0.00	0.04	0.14	0.04	0.02	0.04	0.00	0.00	0.10	0.04	0.02	0.04	0.00	0.08
Al2O3	12.53	11.08	10.05	9.75	11.68	12.71	11.59	11.92	12.12	10.62	12.47	11.59	11.96	12.33	11.70	12.64	12.12	11.14
FeO	12.17	14.29	16.02	16.00	12.91	12.41	12.88	13.42	13.73	15.43	13.29	15.03	14.15	11.96	14.00	12.42	12.18	13.51
MnO	0.22	0.21	0.25	0.27	0.28	0.20	0.23	0.36	0.25	0.22	0.26	0.21	0.33	0.22	0.23	0.21	0.31	0.20
MgO	8.48	8.24	8.35	8.35	8.64	8.19	8.73	8.45	8.07	7.77	8.15	7.67	8.30	8.50	8.10	8.57	8.29	8.53
CaO	0.55	0.54	0.84	0.92	0.79	0.65	0.57	0.95	0.47	0.43	0.55	0.39	0.79	0.44	0.51	0.23	0.55	0.88
Na2O	7.09	6.94	6.79	6.67	6.86	7.10	7.01	6.91	7.06	7.10	7.16	6.97	7.09	6.95	7.05	7.27	7.02	6.82
K2O	0.00	0.03	0.03	0.02	0.02	0.00	0.03	0.01	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
F	0.13	0.00	0.13	0.18	0.00	0.06	0.10	0.02	0.07	0.05	0.04	0.00	0.15	0.00	0.00	0.07	0.14	0.04
Cl	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
TOTAL	98.12	98.03	97.75	97.51	97.69	97.53	97.66	98.39	98.55	98.43	98.30	98.87	99.70	97.99	97.95	99.47	96.03	97.99
O_F_Cl	0.05	0.00	0.05	0.08	0.00	0.03	0.04	0.01	0.04	0.02	0.02	0.00	0.06	0.00	0.00	0.03	0.06	0.02
O_F	0.05	0.00	0.05	0.07	0.00	0.03	0.04	0.01	0.03	0.02	0.02	0.00	0.06	0.00	0.00	0.03	0.06	0.02
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	98.07	98.03	97.70	97.43	97.69	97.50	97.62	98.38	98.51	98.41	98.28	98.87	99.64	97.99	97.95	99.44	95.97	97.97
Si	7.81	7.82	7.69	7.71	7.80	7.77	7.79	7.75	7.78	7.85	7.75	7.81	7.74	7.88	7.78	7.84	7.79	7.84
Al	0.19	0.18	0.31	0.29	0.20	0.23	0.21	0.26	0.22	0.15	0.25	0.19	0.26	0.12	0.22	0.16	0.21	0.16
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Cal	1.84	1.62	1.34	1.32	1.70	1.85	1.68	1.68	1.74	1.58	1.77	1.69	1.66	1.87	1.69	1.85	1.79	1.65
CCr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CFe3	0.29	0.52	0.83	0.82	0.43	0.27	0.46	0.45	0.45	0.52	0.41	0.53	0.48	0.27	0.49	0.34	0.34	0.40
Cti	0.01	0.01	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
CMg	1.74	1.70	1.74	1.75	1.78	1.69	1.80	1.73	1.65	1.60	1.67	1.57	1.69	1.73	1.67	1.72	1.74	1.76
CFe2	1.10	1.13	1.04	1.06	1.06	1.17	1.03	1.10	1.13	1.27	1.12	1.19	1.13	1.10	1.13	1.06	1.10	1.16
CMn	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.02
Cca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_C	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
BMg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BFe2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BMn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BCa	0.08	0.08	0.13	0.14	0.12	0.10	0.08	0.14	0.07	0.06	0.08	0.06	0.12	0.07	0.08	0.03	0.08	0.13
BNa	1.89	1.86	1.84	1.81	1.84	1.90	1.88	1.84	1.88	1.91	1.91	1.85	1.87	1.85	1.89	1.90	1.91	1.83
SUM_B	1.97	1.94	1.96	1.95	1.95	2.00	1.96	1.98	1.95	1.97	1.99	1.91	1.99	1.91	1.96	1.94	2.00	1.96
ACa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ANa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AK	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_A	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_CAT	14.97	14.94	14.97	14.95	14.96	15.00	14.97	14.98	14.95	14.97	14.99	14.91	14.99	14.91	14.97	14.94	15.00	14.96
CCl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CF	0.06	0.00	0.06	0.08	0.00	0.03	0.05	0.01	0.03	0.02	0.02	0.00	0.06	0.00	0.00	0.03	0.06	0.02

Análises de química mineral de **antibolio** selecionados da região de Jambaló

Amostra	125A	125A	125A	125A	125A	125A	125A	125A	125A	125A	125A	125A	125A	125A	125A	125A	125A
Análise	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524
SiO2	54.29	55.99	55.88	56.26	55.10	55.71	53.16	53.05	55.38	56.44	55.62	56.35	55.41	55.38	54.56	55.41	54.98
TiO2	0.05	0.03	0.05	0.00	0.05	0.00	0.08	0.04	0.05	0.03	0.04	0.04	0.06	0.00	0.04	0.02	0.00
Al2O3	4.60	2.21	2.94	1.60	3.18	2.40	4.65	5.12	3.37	2.55	3.06	1.91	2.38	4.14	3.91	3.64	3.72
FeO	14.29	11.84	12.83	12.49	12.74	12.43	13.94	14.29	13.11	11.30	11.48	12.36	13.21	11.66	11.48	11.01	13.95
MnO	0.28	0.27	0.25	0.18	0.29	0.29	0.25	0.30	0.33	0.28	0.29	0.24	0.24	0.39	0.29	0.29	0.21
MgO	13.71	16.14	15.57	15.72	15.00	15.62	13.45	13.31	15.02	16.48	15.91	15.91	15.14	14.88	15.92	16.01	14.01
CaO	11.11	12.02	11.58	12.66	11.70	11.55	10.68	10.82	11.53	11.85	11.57	12.30	11.96	10.98	11.81	11.44	10.81
Na2O	1.29	0.54	1.04	0.15	0.95	0.87	1.50	1.76	1.05	0.88	1.18	0.39	1.01	0.93	1.27	0.89	1.72
K2O	0.21	0.05	0.07	0.05	0.11	0.09	0.16	0.18	0.07	0.07	0.07	0.04	0.10	0.08	0.04	0.08	0.15
F	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	99.82	99.09	100.27	99.11	99.11	98.95	97.88	98.88	99.91	99.86	99.21	99.54	99.52	98.42	99.34	98.80	99.55
O_F_Cl	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
O_F	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	99.82	99.09	100.24	99.11	99.11	98.95	97.87	98.88	99.91	99.86	99.21	99.54	99.52	98.42	99.33	98.79	99.55
Si	7.64	7.84	7.77	7.93	7.77	7.83	7.63	7.57	7.74	7.83	7.79	7.89	7.82	7.78	7.65	7.74	7.76
Al	0.36	0.16	0.23	0.07	0.23	0.17	0.37	0.44	0.26	0.17	0.21	0.11	0.18	0.22	0.36	0.26	0.24
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Cal	0.40	0.21	0.25	0.20	0.30	0.23	0.41	0.43	0.29	0.25	0.30	0.20	0.22	0.47	0.29	0.34	0.38
CCr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CFe3	0.21	0.18	0.23	0.00	0.10	0.21	0.21	0.18	0.21	0.15	0.10	0.10	0.03	0.18	0.16	0.23	0.09
Cti	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
CMg	2.88	3.37	3.23	3.31	3.15	3.27	2.88	2.83	3.13	3.41	3.32	3.32	3.19	3.12	3.33	3.34	2.95
CFe2	1.47	1.21	1.26	1.47	1.41	1.25	1.46	1.53	1.33	1.16	1.25	1.35	1.53	1.19	1.19	1.06	1.56
CMn	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.04	0.04	0.03
Cca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_C	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
BMg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BFe2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BMn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BCa	1.68	1.81	1.72	1.91	1.77	1.74	1.64	1.65	1.73	1.76	1.74	1.84	1.81	1.65	1.77	1.71	1.64
BNa	0.33	0.15	0.28	0.04	0.23	0.24	0.36	0.35	0.27	0.24	0.26	0.11	0.19	0.25	0.23	0.24	0.37
SUM_B	2.00	1.95	2.00	1.95	2.00	1.98	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.95	2.00	1.91	2.00	1.96	2.00
ACa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ANa	0.03	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.06	0.14	0.01	0.00	0.06	0.00	0.09	0.00	0.12	0.00	0.11
AK	0.04	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03
SUM_A	0.06	0.01	0.02	0.01	0.05	0.02	0.09	0.17	0.02	0.01	0.07	0.01	0.10	0.01	0.13	0.01	0.13
SUM_CAT	15.06	14.96	15.02	14.96	15.05	14.99	15.09	15.17	15.02	15.01	15.07	14.96	15.10	14.92	15.13	14.97	15.13
CCl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CF	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00

Análises de química mineral de **antibolio** selecionados da região de Jambaló

Amostra	125M	125M	125M	125M	125M	125M	125M	125M	125M	125M	125M	125M	125M	125M	125M	125M	125M	125M
Análise	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327
SiO2	55.77	56.60	57.14	58.44	58.04	57.81	55.47	54.76	55.99	54.97	55.46	56.50	56.82	56.32	55.49	55.84	54.76	58.72
TiO2	0.14	0.10	0.06	0.16	0.00	0.00	0.06	0.15	0.00	2.58	0.19	0.17	0.02	0.10	0.00	0.00	3.35	0.06
Al2O3	10.17	9.50	9.71	11.15	11.02	11.17	5.76	9.35	9.34	6.40	8.54	9.47	9.53	8.46	8.73	9.16	9.44	11.56
FeO	14.42	14.51	13.58	11.37	10.85	10.57	14.69	14.67	13.84	9.67	16.11	15.07	14.52	16.45	15.68	14.99	13.60	9.80
MnO	0.24	0.20	0.23	0.24	0.21	0.28	0.29	0.20	0.24	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.22	0.21	0.19	0.22
MgO	9.27	9.29	9.57	9.91	10.47	10.26	12.02	9.02	9.53	11.58	9.00	8.99	9.53	8.89	8.96	9.03	9.43	10.58
CaO	1.02	0.66	0.65	0.39	0.19	0.41	4.96	0.92	0.97	7.33	0.66	0.58	0.53	0.59	0.75	0.86	0.70	0.24
Na2O	6.89	6.86	6.97	6.96	7.35	7.21	4.64	6.71	6.47	3.89	6.99	6.83	6.89	6.91	6.75	6.68	6.62	7.05
K2O	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.05	0.02	0.01	0.06	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00
F	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.00	0.26	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00
Cl	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02
TOTAL	97.95	97.74	97.94	98.61	98.13	97.73	97.98	95.83	96.39	96.93	97.36	97.80	97.99	97.88	96.59	97.01	98.13	98.24
O_F_Cl	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.11	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00
O_F	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.11	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	97.94	97.74	97.94	98.61	98.13	97.73	97.96	95.82	96.39	96.82	97.26	97.80	97.99	97.88	96.59	96.92	98.13	98.24
Si	7.72	7.83	7.87	7.90	7.87	7.88	7.78	7.76	7.83	7.94	7.78	7.82	7.81	7.83	7.81	7.82	7.57	7.91
Al	0.28	0.17	0.13	0.10	0.13	0.12	0.22	0.24	0.17	0.06	0.22	0.18	0.19	0.17	0.20	0.18	0.43	0.09
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Cal	1.38	1.37	1.44	1.67	1.63	1.68	0.73	1.32	1.37	1.03	1.19	1.36	1.36	1.22	1.25	1.33	1.11	1.74
CCr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CFe3	0.72	0.74	0.63	0.46	0.51	0.42	0.73	0.77	0.76	0.00	0.89	0.77	0.83	0.89	0.88	0.77	0.63	0.43
Cti	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.28	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.35	0.01
CMg	1.91	1.91	1.96	2.00	2.12	2.09	2.51	1.90	1.99	2.50	1.88	1.86	1.95	1.84	1.88	1.89	1.95	2.13
CFe2	0.95	0.94	0.94	0.83	0.72	0.79	0.99	0.97	0.86	1.17	1.00	0.97	0.84	1.02	0.97	0.99	0.94	0.67
CMn	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03
Cca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_C	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
BMg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BFe2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BMn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BCa	0.15	0.10	0.10	0.06	0.03	0.06	0.75	0.14	0.15	1.14	0.10	0.09	0.08	0.09	0.11	0.13	0.10	0.03
BNa	1.85	1.84	1.86	1.83	1.93	1.91	1.26	1.84	1.75	0.87	1.90	1.83	1.84	1.86	1.84	1.82	1.78	1.84
SUM_B	2.00	1.94	1.96	1.88	1.96	1.97	2.00	1.98	1.90	2.00	2.00	1.92	1.92	1.95	1.95	1.95	1.88	1.88
ACa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ANa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_CAT	15.00	14.94	14.96	14.88	14.96	14.97	15.02	14.99	14.90	15.23	15.00	14.92	14.92	14.95	14.96	14.95	14.88	14.88
CCl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
CF	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.12	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00

Análises de química mineral de **antibolio** selecionados da região de Jambaló

Amostra	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A
Análise	047	048	049	050	051	052	053	054	055	056	057	058	059	060	061	062	063	064
SiO2	55.79	55.65	54.46	56.16	55.27	55.40	55.00	56.66	56.25	56.18	55.53	56.61	55.26	57.29	56.78	55.93	54.60	55.96
TiO2	0.00	0.04	0.04	0.13	0.15	0.00	0.17	0.06	0.19	0.12	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06	0.06
Al2O3	8.48	12.17	12.68	12.27	10.42	12.43	10.31	12.37	12.50	12.66	12.28	10.91	8.93	10.95	12.50	12.81	8.75	12.73
FeO	17.30	13.94	14.65	13.71	14.98	14.26	15.95	13.95	14.05	13.89	14.20	14.58	18.54	12.94	13.60	13.38	18.51	14.10
MnO	0.06	0.04	0.07	0.05	0.10	0.02	0.04	0.00	0.02	0.03	0.04	0.04	0.00	0.00	0.05	0.03	0.06	0.04
MgO	7.92	7.61	7.69	7.84	8.75	7.60	8.29	7.88	7.72	7.63	7.58	8.15	6.77	9.00	7.90	8.19	7.10	7.60
CaO	0.16	0.66	1.07	0.27	0.51	0.62	0.65	0.23	0.46	0.67	0.57	0.12	0.17	0.08	0.24	0.32	0.40	0.57
Na2O	7.11	6.97	6.89	7.31	7.03	7.10	6.94	7.04	7.19	7.08	7.05	7.17	7.11	7.38	7.41	4.47	7.23	7.03
K2O	0.00	0.02	0.04	0.01	0.04	0.03	0.01	0.11	0.05	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.78	0.02	0.02
F	0.10	0.21	0.31	0.00	0.13	0.00	0.23	0.33	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02
TOTAL	96.93	97.29	97.89	97.76	97.38	97.47	97.57	98.62	98.61	98.28	97.32	97.59	96.77	97.77	98.49	95.95	96.74	98.10
O_F_Cl	0.04	0.09	0.13	0.00	0.06	0.00	0.09	0.14	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
O_F	0.04	0.09	0.13	0.00	0.06	0.00	0.09	0.14	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	96.89	97.20	97.76	97.76	97.32	97.47	97.48	98.48	98.54	98.28	97.32	97.59	96.77	97.71	98.49	95.95	96.74	98.10
Si	7.87	7.78	7.60	7.78	7.70	7.72	7.69	7.78	7.75	7.75	7.74	7.84	7.86	7.89	7.79	7.70	7.79	7.73
Al	0.13	0.22	0.40	0.23	0.30	0.28	0.31	0.22	0.25	0.25	0.26	0.16	0.14	0.11	0.21	0.31	0.21	0.27
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Cal	1.28	1.78	1.68	1.78	1.41	1.76	1.39	1.78	1.78	1.81	1.76	1.62	1.36	1.66	1.82	1.77	1.27	1.80
CCr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CFe3	0.85	0.35	0.53	0.38	0.80	0.42	0.81	0.47	0.37	0.32	0.41	0.57	0.77	0.46	0.35	1.10	0.80	0.41
Cti	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
CMg	1.67	1.59	1.60	1.62	1.82	1.58	1.73	1.61	1.59	1.57	1.58	1.68	1.44	1.85	1.62	1.68	1.51	1.56
CFe2	1.19	1.28	1.19	1.21	0.95	1.25	1.05	1.13	1.25	1.29	1.25	1.12	1.44	1.04	1.21	0.44	1.41	1.22
CMn	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
Cca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_C	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
BMg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BFe2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BMn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BCa	0.03	0.10	0.16	0.04	0.08	0.09	0.10	0.03	0.07	0.10	0.09	0.02	0.03	0.01	0.04	0.05	0.06	0.08
BNa	1.95	1.89	1.84	1.96	1.90	1.91	1.88	1.87	1.92	1.90	1.91	1.93	1.96	1.97	1.97	1.19	1.94	1.88
SUM_B	1.97	1.99	2.00	2.00	1.98	2.00	1.98	1.91	1.99	1.99	1.99	1.95	1.99	1.98	2.00	1.24	2.00	1.97
ACa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ANa	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.06	0.00
AK	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00
SUM_A	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.14	0.07	0.00
SUM_CAT	14.97	14.99	15.03	15.01	14.98	15.02	14.98	14.93	15.00	15.00	14.99	14.95	14.99	14.98	15.01	14.38	15.07	14.97
CCl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CF	0.04	0.09	0.14	0.00	0.06	0.00	0.10	0.14	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00

[illegible]

Amostra	123A											
Análise	235	235	236	236	237	237	238	238	239	239	240	240
SiO2	26.03	26.03	27.08	27.08	26.79	26.79	26.78	26.78	26.12	26.12	26.29	26.29
TiO2	0.08	0.08	0.04	0.04	0.00	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Al2O3	19.58	19.58	19.48	19.48	19.71	19.71	20.04	20.04	20.41	20.41	20.41	20.41
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	19.30	19.30	18.77	18.77	19.56	19.56	19.34	19.34	19.53	19.53	19.55	19.55
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.23	0.23	0.20	0.20	0.14	0.14	0.14	0.14	0.16	0.16	0.19	0.19
MgO	19.49	19.49	19.68	19.68	19.15	19.15	19.65	19.65	19.68	19.68	19.17	19.17
CaO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00
Na2O	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.05	0.05
F	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	84.71	84.71	85.28	85.28	85.44	85.44	86.05	86.05	85.98	85.98	85.71	85.71
O_F_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O_F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	84.71	84.71	85.28	85.28	85.42	85.42	86.05	86.05	85.98	85.98	85.71	85.71
Si	5.71	5.71	5.87	5.87	5.82	5.82	5.77	5.77	5.64	5.64	5.70	5.70
AlIV	2.29	2.29	2.14	2.14	2.18	2.18	2.24	2.24	2.36	2.36	2.30	2.30
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
AlVI	2.77	2.77	2.83	2.83	2.86	2.86	2.85	2.85	2.84	2.84	2.90	2.90
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2	3.54	3.54	3.40	3.40	3.55	3.55	3.48	3.48	3.53	3.53	3.54	3.54
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Mg	6.38	6.38	6.36	6.36	6.20	6.20	6.31	6.31	6.34	6.34	6.19	6.19
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
CATIONS	20.74	20.74	20.64	20.64	20.66	20.66	20.69	20.69	20.75	20.75	20.70	20.70
CF	0.00	0.00	0.01	0.01	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
Fe_FeMg	0.36	0.36	0.35	0.35	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
Mg_FeMg	0.64	0.64	0.65	0.65	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64

Análises de química mineral de **clorita** selecionados da região de Jambaló

Amostra								124F					
Análise	551	552	553	554	555	556	557	269	270	271	272	273	274
SiO2	28.08	27.60	27.68	27.52	27.46	27.65	27.55	25.56	26.53	26.86	26.38	26.74	26.15
TiO2	0.02	0.08	0.05	0.05	0.04	0.01	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.02	0.04
Al2O3	19.64	19.39	19.70	20.10	20.09	19.83	19.15	20.29	20.83	20.42	20.45	20.80	21.40
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	22.00	21.84	21.86	21.34	21.22	21.16	21.45	24.21	24.40	24.31	24.86	24.89	25.20
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.30	0.35	0.31	0.30	0.35	0.36	0.35	0.27	0.22	0.25	0.22	0.27	0.30
MgO	18.78	18.00	18.57	18.00	17.91	18.65	18.09	16.42	16.25	16.67	16.34	16.09	15.92
CaO	0.04	0.03	0.02	0.01	0.03	0.04	0.04	0.00	0.00	0.03	0.04	0.01	0.04
Na2O	0.72	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.22	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
K2O	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.07	0.02	0.04	0.03	0.06	0.05	0.03	0.04	0.04	0.03	0.06	0.04	0.02
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	89.64	87.29	88.23	87.37	87.15	87.75	86.89	86.82	88.31	88.62	88.41	88.87	89.06
O_F_Cl	0.03	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01
O_F	0.03	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	89.61	87.28	88.21	87.36	87.12	87.73	86.88	86.80	88.29	88.61	88.39	88.85	89.05
Si	5.89	5.93	5.88	5.89	5.89	5.89	5.94	5.62	5.71	5.76	5.69	5.73	5.61
AlIV	2.11	2.07	2.12	2.11	2.11	2.11	2.06	2.39	2.29	2.24	2.31	2.27	2.40
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
AlVI	2.74	2.83	2.81	2.95	2.96	2.86	2.81	2.86	2.99	2.91	2.89	2.98	3.01
Ti	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2	3.86	3.92	3.88	3.82	3.81	3.77	3.87	4.45	4.39	4.36	4.49	4.46	4.52
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06
Mg	5.87	5.76	5.88	5.74	5.72	5.92	5.82	5.38	5.21	5.33	5.26	5.14	5.09
Ca	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
Na	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CATIONS	20.83	20.60	20.64	20.57	20.57	20.62	20.66	20.75	20.64	20.65	20.69	20.64	20.68
CF	0.09	0.02	0.06	0.05	0.08	0.06	0.04	0.06	0.05	0.04	0.08	0.05	0.03
CCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
Fe_FeMg	0.40	0.41	0.40	0.40	0.40	0.39	0.40	0.45	0.46	0.45	0.46	0.46	0.47
Mg_FeMg	0.60	0.59	0.60	0.60	0.60	0.61	0.60	0.55	0.54	0.55	0.54	0.54	0.53

Amostra						124H							
Análise	359	360	361	362	363	2	7	8	91	92	94	95	96
SiO2	26.37	25.97	26.32	26.48	26.50	26.11	26.95	29.49	27.08	27.31	29.27	29.84	27.39
TiO2	0.06	0.06	0.03	0.07	0.05	0.00	0.02	0.01	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04
Al2O3	20.10	20.69	20.85	20.68	20.91	20.27	20.53	21.05	20.30	21.01	19.50	19.17	19.80
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	25.57	25.72	26.00	25.69	25.56	26.18	27.43	23.70	24.95	24.95	23.89	23.68	25.25
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.27	0.27	0.29	0.35	0.32	0.42	0.37	0.31	0.40	0.37	0.38	0.29	0.37
MgO	15.93	15.99	5.40	15.95	16.30	14.79	14.43	12.17	15.64	16.11	14.07	13.62	14.68
CaO	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00	0.03	0.06	0.16	0.05	0.03	0.52	0.54	0.12
Na2O	0.03	0.00	0.00	0.02	0.04	0.01	0.02	0.04	0.00	0.01	0.09	0.08	0.02
K2O	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.04	0.36	0.02	0.00	0.14	0.16	0.07
F	0.03	0.01	0.03	0.01	0.04	0.03	0.06	0.22	0.00	0.10	0.01	0.03	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	88.37	88.70	78.93	89.29	89.71	87.84	89.90	87.49	88.45	89.90	87.90	87.44	87.74
O_F_Cl	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.09	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00
O_F	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.09	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	88.36	88.70	78.92	89.28	89.69	87.83	89.88	87.40	88.45	89.86	87.90	87.43	87.74
Si	5.72	5.61	6.38	5.68	5.65	5.72	5.78	6.34	5.83	5.78	6.28	6.42	5.96
AlIV	2.28	2.39	1.62	2.32	2.35	2.28	2.22	1.66	2.17	2.22	1.72	1.58	2.05
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
AlVI	2.85	2.88	4.33	2.90	2.90	2.95	2.97	3.67	2.98	3.02	3.21	3.28	3.03
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2	4.64	4.65	5.27	4.61	4.56	4.80	4.92	4.26	4.49	4.42	4.29	4.26	4.59
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.05	0.07
Mg	5.15	5.15	1.95	5.10	5.18	4.83	4.62	3.90	5.02	5.08	4.50	4.37	4.76
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.12	0.12	0.03
Na	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.04	0.03	0.01
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.10	0.01	0.00	0.04	0.04	0.02
CATIONS	20.71	20.74	19.63	20.70	20.72	20.66	20.62	20.04	20.59	20.59	20.27	20.17	20.51
CF	0.04	0.01	0.04	0.02	0.06	0.04	0.08	0.29	0.00	0.14	0.01	0.04	0.00
CCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
Fe_FeMg	0.47	0.47	0.73	0.47	0.47	0.50	0.52	0.52	0.47	0.46	0.49	0.49	0.49
Mg_FeMg	0.53	0.53	0.27	0.53	0.53	0.50	0.48	0.48	0.53	0.54	0.51	0.51	0.51

Análises de química mineral de **clorita** selecionados da região de Jambaló

Amostra	124I																	
Análise	101	102	103	116	125	126	128	143	145	149	19	21	22	23	24	25	26	5
SiO2	28.10	25.81	25.35	25.28	25.43	25.61	25.61	26.06	26.68	26.53	26.07	26.05	25.92	25.91	26.14	26.17	25.69	25.81
TiO2	0.07	0.05	0.06	0.02	0.02	0.04	0.02	0.03	0.08	0.06	0.03	0.03	0.04	0.04	0.02	0.04	0.04	0.02
Al2O3	18.70	19.88	20.49	20.09	20.09	20.13	20.14	19.49	19.36	18.77	19.80	20.87	20.00	20.00	20.42	19.95	20.17	19.87
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	29.39	29.49	29.23	28.84	29.44	28.39	29.61	30.23	29.22	30.18	29.98	28.88	30.32	29.60	30.11	29.79	29.97	30.23
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.26	0.22	0.21	0.27	0.26	0.28	0.22	0.33	0.31	0.31	0.29	0.27	0.29	0.23	0.28	0.31	0.23	0.23
MgO	9.11	13.17	12.97	12.80	12.53	12.92	12.84	12.08	12.59	12.99	12.30	12.98	12.61	13.02	12.69	12.15	12.76	11.90
CaO	0.49	0.03	0.00	0.03	0.03	0.02	0.01	0.06	0.17	0.06	0.04	0.04	0.05	0.04	0.01	0.05	0.02	0.05
Na2O	0.10	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.03	0.02	0.00
K2O	1.24	0.00	0.00	0.06	0.01	0.01	0.02	0.04	0.11	0.05	0.03	0.00	0.01	0.02	0.00	0.06	0.01	0.04
F	0.04	0.04	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.08	0.00	0.01	0.06
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	87.51	88.70	88.62	87.42	87.80	87.42	88.46	88.37	88.53	88.96	88.55	89.13	89.25	88.92	89.75	88.55	88.92	88.22
O_F_Cl	0.02	0.02	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.02
O_F	0.02	0.02	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.02
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	87.49	88.68	88.49	87.42	87.80	87.42	88.46	88.36	88.53	88.96	88.55	89.13	89.25	88.91	89.72	88.55	88.92	88.20
Si	6.31	5.70	5.61	5.66	5.68	5.71	5.67	5.80	5.89	5.86	5.78	5.69	5.71	5.71	5.71	5.79	5.67	5.76
AlIV	1.69	2.30	2.39	2.35	2.33	2.30	2.33	2.20	2.11	2.14	2.23	2.31	2.29	2.29	2.29	2.21	2.33	2.25
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
AlVI	3.25	2.87	2.96	2.95	2.95	2.99	2.92	2.91	2.92	2.74	2.94	3.05	2.89	2.89	2.96	2.99	2.91	2.97
Ti	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2	5.52	5.44	5.41	5.40	5.49	5.29	5.48	5.63	5.39	5.57	5.55	5.27	5.58	5.45	5.50	5.51	5.53	5.64
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.04	0.04
Mg	3.05	4.34	4.28	4.27	4.17	4.29	4.24	4.01	4.14	4.28	4.06	4.23	4.14	4.28	4.13	4.01	4.20	3.95
Ca	0.12	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Na	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
K	0.36	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01
CATIONS	20.40	20.70	20.70	20.70	20.68	20.65	20.70	20.64	20.60	20.69	20.64	20.62	20.69	20.69	20.65	20.61	20.70	20.63
CF	0.06	0.06	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.10	0.00	0.01	0.08
CCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
Fe_FeMg	0.64	0.56	0.56	0.56	0.57	0.55	0.56	0.58	0.57	0.57	0.58	0.56	0.57	0.56	0.57	0.58	0.57	0.59
Mg_FeMg	0.36	0.44	0.44	0.44	0.43	0.45	0.44	0.42	0.43	0.43	0.42	0.44	0.43	0.44	0.43	0.42	0.43	0.41

Amostra	124J																	
Análise	122	123	124	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	
SiO2	25.91	25.71	25.85	25.78	25.84	25.70	25.63	25.70	25.83	25.67	25.87	26.02	26.48	26.07	25.87	25.93	25.78	
TiO2	0.02	0.00	0.00	0.11	0.08	0.08	0.07	0.19	0.06	0.00	0.04	0.09	0.00	0.08	0.06	0.06	0.15	
Al2O3	20.08	19.77	19.57	19.83	19.72	19.83	19.71	19.76	19.54	19.87	20.24	20.02	20.04	19.86	20.21	19.64	19.99	
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
FeO	25.30	24.34	24.68	25.11	25.00	24.88	24.62	24.60	24.76	24.65	23.87	24.56	22.99	24.10	24.26	24.57	24.83	
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
MnO	0.32	0.29	0.35	0.37	0.34	0.36	0.37	0.35	0.33	0.34	0.35	0.25	0.30	0.30	0.32	0.30	0.30	
MgO	16.16	16.25	16.46	16.00	16.32	16.57	16.46	16.42	16.20	16.40	16.40	16.34	15.84	16.24	16.53	16.35	16.44	
CaO	0.01	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.04	0.05	0.00	0.00	0.05	0.02	
Na2O	0.00	0.02	0.03	0.00	0.02	0.04	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.03	0.50	0.00	0.01	0.03	0.01	
K2O	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	
F	0.01	0.03	0.00	0.04	0.09	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.30	0.12	0.01	
Cl	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL	87.81	86.43	86.95	87.27	87.43	87.60	86.88	87.06	86.75	86.97	86.79	87.37	86.20	86.69	87.57	87.03	87.54	
O_F_Cl	0.00	0.01	0.00	0.02	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.13	0.05	0.00	
O_F	0.00	0.01	0.00	0.02	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.13	0.05	0.00	
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
CTOTAL	87.81	86.42	86.95	87.25	87.39	87.55	86.88	87.06	86.75	86.97	86.79	87.36	86.20	86.68	87.44	86.98	87.54	
Si	5.65	5.68	5.69	5.66	5.67	5.63	5.65	5.65	5.70	5.65	5.67	5.68	5.82	5.73	5.65	5.70	5.63	
AlIV	2.35	2.32	2.31	2.34	2.33	2.37	2.36	2.35	2.30	2.35	2.33	2.32	2.18	2.27	2.35	2.30	2.37	
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	
AlVI	2.82	2.83	2.76	2.80	2.76	2.74	2.76	2.76	2.78	2.79	2.90	2.83	3.00	2.87	2.85	2.78	2.78	
Ti	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Fe2	4.62	4.50	4.54	4.61	4.59	4.56	4.53	4.52	4.57	4.54	4.38	4.49	4.22	4.43	4.43	4.52	4.54	
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Mn	0.06	0.05	0.06	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
Mg	5.26	5.35	5.40	5.24	5.34	5.41	5.40	5.38	5.33	5.38	5.36	5.32	5.19	5.32	5.38	5.36	5.36	
Ca	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	
Na	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.21	0.00	0.01	0.01	0.01	
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
CATIONS	20.75	20.74	20.78	20.74	20.77	20.80	20.78	20.77	20.75	20.78	20.70	20.72	20.69	20.68	20.74	20.75	20.77	
CF	0.01	0.04	0.00	0.06	0.12	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.42	0.16	0.01	
CCL	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
O	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	
Fe_FeMg	0.47	0.46	0.46	0.47	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.45	0.46	0.45	0.45	0.45	0.46	0.46	
Mg_FeMg	0.53	0.54	0.54	0.53	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.55	0.54	0.55	0.55	0.55	0.54	0.54	

Análises de química mineral de **clorita** selecionados da região de Jambaló

Amostra	125D						
Análise	259	260	261	262	263	264	265
SiO2	26.80	27.28	26.64	26.38	26.68	27.34	27.16
TiO2	0.05	0.04	0.04	0.05	0.01	0.05	0.02
Al2O3	20.48	21.00	20.51	20.62	20.96	21.26	20.61
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	24.79	23.44	24.00	24.99	24.58	21.18	24.41
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.27	0.23	0.26	0.28	0.22	0.31	0.27
MgO	16.35	16.32	16.84	15.93	16.33	18.00	17.92
CaO	0.04	0.12	0.05	0.09	0.08	0.08	0.10
Na2O	0.00	0.92	0.00	0.14	0.00	0.15	0.00
K2O	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00
F	0.02	0.05	0.03	0.05	0.00	0.00	0.03
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	88.80	89.38	88.37	88.54	88.86	88.36	90.52
O_F_Cl	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01
O_F	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	88.79	89.36	88.36	88.52	88.86	88.36	90.51
Si	5.75	5.78	5.72	5.69	5.71	5.77	5.70
AlIV	2.25	2.22	2.28	2.31	2.29	2.23	2.30
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
AlVI	2.92	3.02	2.91	2.93	2.99	3.06	2.79
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2	4.45	4.15	4.31	4.51	4.40	3.74	4.28
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.06	0.05
Mg	5.23	5.16	5.39	5.12	5.21	5.66	5.60
Ca	0.01	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Na	0.00	0.38	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
CATIONS	20.65	20.78	20.67	20.71	20.65	20.60	20.75
CF	0.02	0.07	0.04	0.07	0.00	0.00	0.03
CCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
Fe_FeMg	0.46	0.45	0.44	0.47	0.46	0.40	0.43
Mg_FeMg	0.54	0.55	0.56	0.53	0.54	0.60	0.57

125H								
131	132	133	134	135	76	78	80	82
25.94	25.33	25.26	25.19	24.93	25.33	25.64	25.38	25.21
0.06	0.07	0.05	0.05	0.04	0.07	0.04	0.06	0.05
20.39	20.78	20.33	20.69	20.45	20.83	20.12	19.98	20.47
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.87	32.05	32.15	31.35	33.20	32.23	32.09	32.29	33.31
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.23	0.27	0.33	0.28	0.32	0.25	0.29	0.20	0.42
10.68	10.54	10.62	10.57	9.25	10.11	9.48	10.21	8.67
0.04	0.03	0.03	0.03	0.08	0.02	0.13	0.01	0.05
0.00	0.58	0.00	1.52	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01
0.03	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.03	0.01	0.01
0.04	0.10	0.03	0.05	0.03	0.05	0.07	0.04	0.02
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
88.27	89.74	88.79	89.73	88.32	88.94	87.88	88.17	88.22
0.02	0.04	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01
0.02	0.04	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
88.25	89.70	88.78	89.71	88.31	88.92	87.85	88.15	88.21
5.79	5.61	5.65	5.59	5.65	5.66	5.80	5.72	5.72
2.22	2.39	2.35	2.41	2.35	2.35	2.20	2.28	2.29
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
3.14	3.04	3.01	2.99	3.11	3.13	3.15	3.03	3.18
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.76	5.94	6.02	5.81	6.29	6.02	6.07	6.09	6.32
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.04	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.04	0.08
3.55	3.48	3.54	3.49	3.12	3.37	3.20	3.43	2.93
0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.00	0.01
0.00	0.25	0.00	0.65	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
20.52	20.78	20.65	21.02	20.61	20.60	20.52	20.61	20.54
0.06	0.14	0.04	0.07	0.05	0.07	0.10	0.05	0.03
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
0.62	0.63	0.63	0.62	0.67	0.64	0.66	0.64	0.68
0.38	0.37	0.37	0.38	0.33	0.36	0.34	0.36	0.32

Amostra	125J					
Análise	392	393	394	395	396	397
SiO2	27.51	26.88	27.24	26.91	26.90	27.00
TiO2	0.02	0.05	0.04	0.05	0.01	0.04
Al2O3	20.86	20.68	20.96	20.31	20.55	20.71
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	22.29	22.16	22.81	22.83	22.36	22.09
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.22	0.22	0.30	0.42	0.24	0.23
MgO	17.95	18.48	17.83	17.16	17.94	18.30
CaO	0.08	0.03	0.05	0.16	0.04	0.02
Na2O	0.02	0.01	0.00	0.05	0.02	0.03
K2O	0.01	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00
F	0.01	0.02	0.07	0.04	0.04	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	88.98	88.52	89.29	87.97	88.10	88.40
O_F_Cl	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.00
O_F	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.00
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	88.97	88.51	89.26	87.95	88.08	88.40
Si	5.80	5.70	5.74	5.78	5.74	5.73
AlIV	2.20	2.30	2.26	2.22	2.26	2.27
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
AlVI	2.97	2.87	2.95	2.91	2.91	2.91
Ti	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2	3.93	3.93	4.02	4.10	3.99	3.92
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.04	0.04	0.05	0.08	0.04	0.04
Mg	5.64	5.84	5.60	5.49	5.71	5.79
Ca	0.02	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01
Na	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01
K	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
CATIONS	20.61	20.70	20.64	20.66	20.67	20.68
CF	0.02	0.03	0.09	0.06	0.05	0.00
CCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
Fe_FeMg	0.41	0.40	0.42	0.43	0.41	0.40
Mg_FeMg	0.59	0.60	0.58	0.57	0.59	0.60

129A										
205	205	206	206	207	207	208	208	209	209	210
26.10	26.10	25.75	25.75	26.01	26.01	26.26	26.26	25.85	25.85	26.04
0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.11	0.11	0.02	0.02	0.06
19.68	19.68	19.59	19.59	19.48	19.48	19.84	19.84	19.51	19.51	19.99
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.16	22.16	22.06	22.06	23.35	23.35	22.77	22.77	23.19	23.19	24.14
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.07	0.07	0.09	0.09	0.06	0.06	0.08	0.08	0.06	0.06	0.10
18.34	18.34	17.77	17.77	17.40	17.40	17.07	17.07	17.12	17.12	16.98
0.01	0.01	0.04	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01
0.03	0.03	0.10	0.10	0.22	0.22	0.19	0.19	0.02	0.02	0.00
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
86.45	86.46	85.39	85.39	86.55	86.55	86.33	86.34	85.76	85.76	87.31
0.01	0.02	0.04	0.04	0.09	0.09	0.08	0.08	0.01	0.01	0.00
0.01	0.01	0.04	0.04	0.09	0.09	0.08	0.08	0.01	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
86.44	86.44	85.35	85.35	86.46	86.46	86.25	86.26	85.75	85.75	87.31
5.69	5.69	5.69	5.69	5.71	5.71	5.75	5.75	5.71	5.71	5.67
2.31	2.31	2.31	2.31	2.29	2.29	2.25	2.25	2.29	2.29	2.33
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
2.74	2.74	2.79	2.79	2.75	2.75	2.87	2.87	2.79	2.79	2.80
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.04	4.04	4.08	4.08	4.29	4.29	4.17	4.17	4.29	4.29	4.40
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
5.96	5.96	5.86	5.86	5.70	5.70	5.58	5.58	5.64	5.64	5.52
0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
20.78	20.78	20.75	20.75	20.76	20.76	20.66	20.66	20.74	20.74	20.75
0.05	0.05	0.14	0.14	0.30	0.30	0.26	0.26	0.02	0.02	0.00
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
0.40	0.40	0.41	0.41	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.44
0.60	0.60	0.59	0.59	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.56

Análises de química mineral de **clorita** selecionados da região de Jambaló

Amostra		107C							
Análise	201	202	203	204	205	206	207	209	210
SiO2	27.63	29.47	26.84	26.40	27.86	26.57	26.87	26.58	26.94
TiO2	0.04	0.16	0.03	0.00	0.02	0.02	0.01	0.04	0.00
Al2O3	18.68	19.04	19.12	18.59	18.25	19.56	19.24	18.96	18.57
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	28.71	27.66	28.39	28.38	28.60	27.00	28.76	28.14	28.56
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.71	0.61	0.69	0.77	0.70	0.76	0.68	0.69	0.72
MgO	14.01	12.99	14.23	14.36	13.89	14.94	14.52	14.26	13.88
CaO	0.07	0.04	0.03	0.02	0.09	0.03	0.01	0.03	0.05
Na2O	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02
K2O	0.11	1.57	0.01	0.02	0.08	0.02	0.01	0.02	0.02
F	0.07	0.06	0.04	0.09	0.06	0.04	0.05	0.00	0.04
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	90.02	91.61	89.41	88.63	89.58	88.95	90.16	88.73	88.79
O_F_Cl	0.03	0.03	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02
O_F	0.03	0.03	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	89.99	91.58	89.39	88.59	89.56	88.93	90.14	88.73	88.77
Si	5.98	6.24	5.85	5.82	6.06	5.78	5.81	5.83	5.92
AlIV	2.02	1.76	2.15	2.18	1.94	2.22	2.19	2.17	2.08
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
AlVI	2.74	2.99	2.75	2.65	2.73	2.79	2.71	2.73	2.72
Ti	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2	5.20	4.90	5.17	5.23	5.20	4.91	5.20	5.16	5.25
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.13	0.11	0.13	0.14	0.13	0.14	0.12	0.13	0.13
Mg	4.52	4.10	4.62	4.72	4.50	4.85	4.68	4.66	4.55
Ca	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01
Na	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
K	0.03	0.43	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00
CATIONS	20.65	20.57	20.69	20.76	20.62	20.71	20.73	20.71	20.68
CF	0.10	0.09	0.05	0.12	0.08	0.06	0.06	0.00	0.05
CCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
Fe_FeMg	0.53	0.54	0.53	0.53	0.54	0.50	0.53	0.53	0.54
Mg_FeMg	0.47	0.46	0.47	0.47	0.46	0.50	0.47	0.47	0.46

Amostra		113F							
Análise	585	586	587	588	589	618	619	620	621
SiO2	26.18	25.97	26.08	26.87	25.91	26.27	26.05	26.02	25.94
TiO2	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00
Al2O3	19.60	18.77	19.61	20.28	19.93	19.99	19.52	19.67	19.50
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	31.13	31.30	31.30	31.44	31.19	31.45	30.93	30.76	30.96
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.69	0.81	0.76	0.71	0.61	0.66	0.62	0.58	0.44
MgO	11.21	11.23	10.77	10.69	10.83	10.87	11.05	10.90	11.28
CaO	0.05	0.04	0.06	0.06	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02
Na2O	0.15	0.00	0.05	0.00	0.69	0.21	0.00	0.18	0.00
K2O	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00
F	0.03	0.06	0.06	0.03	0.05	0.06	0.08	0.04	0.05
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	89.03	88.18	88.70	90.07	89.29	89.56	88.28	88.21	88.18
O_F_Cl	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02
O_F	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	89.02	88.16	88.67	90.06	89.27	89.54	88.24	88.19	88.16
Si	5.82	5.85	5.83	5.88	5.75	5.81	5.83	5.83	5.81
AlIV	2.18	2.15	2.18	2.12	2.25	2.19	2.17	2.17	2.19
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
AlVI	2.94	2.82	2.98	3.11	2.97	3.01	2.98	3.01	2.96
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2	5.78	5.89	5.85	5.76	5.79	5.81	5.79	5.76	5.80
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.13	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.08
Mg	3.71	3.77	3.59	3.49	3.59	3.58	3.69	3.64	3.77
Ca	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Na	0.06	0.00	0.02	0.00	0.30	0.09	0.00	0.08	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
CATIONS	20.64	20.65	20.60	20.50	20.78	20.63	20.59	20.61	20.61
CF	0.04	0.08	0.09	0.04	0.07	0.08	0.12	0.06	0.07
CCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
Fe_FeMg	0.61	0.61	0.62	0.62	0.62	0.62	0.61	0.61	0.61
Mg_FeMg	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38	0.39	0.39	0.39

108							
456	457	458	459	460	461	462	463
26.10	26.85	26.35	26.56	26.77	26.64	25.59	26.09
0.00	0.06	0.00	0.00	0.24	0.08	0.02	0.00
20.13	20.47	20.10	20.54	20.57	20.42	20.52	20.64
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.79	23.28	23.77	23.61	22.98	23.79	24.30	23.95
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.09	0.25	0.24	0.18	0.19	0.25	0.29	0.24
17.31	16.77	16.38	16.72	16.69	15.90	16.19	15.74
0.01	0.00	0.01	0.00	0.05	0.01	0.04	0.05
0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.03	0.03	0.01
0.07	0.00	0.00	0.10	0.00	0.11	0.02	0.02
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
86.53	87.69	86.87	87.72	87.51	87.23	87.00	86.74
0.03	0.00	0.00	0.04	0.00	0.05	0.01	0.01
0.03	0.00	0.00	0.04	0.00	0.05	0.01	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
86.50	87.69	86.87	87.68	87.51	87.18	86.99	86.73
5.70	5.78	5.76	5.74	5.77	5.79	5.61	5.71
2.30	2.22	2.25	2.26	2.23	2.21	2.39	2.29
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
2.88	2.97	2.92	2.96	2.99	3.02	2.91	3.04
0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.16	4.19	4.34	4.27	4.14	4.33	4.46	4.39
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	0.05	0.05	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05
5.64	5.38	5.33	5.38	5.36	5.16	5.29	5.14
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
20.71	20.61	20.66	20.65	20.58	20.57	20.73	20.62
0.09	0.00	0.00	0.13	0.00	0.16	0.03	0.03
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
0.42	0.44	0.45	0.44	0.44	0.46	0.46	0.46
0.58	0.56	0.55	0.56	0.56	0.54	0.54	0.54

125A							
529	530	531	532	533	534	535	536
27.93	28.72	29.03	27.18	26.97	27.09	27.80	27.85
0.04	0.07	0.04	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00
19.72	20.39	20.47	20.10	19.94	19.86	21.37	20.54
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.23	23.73	23.81	23.72	23.88	23.87	23.97	23.04
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.28	0.34	0.27	0.26	0.25	0.27	0.30	0.28
16.68	16.77	16.94	16.32	16.34	16.41	15.89	15.22
0.10	0.10	0.14	0.16	0.14	0.16	0.10	0.11
0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00
0.02	0.04	0.09	0.03	0.02	0.02	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
88.98	90.16	90.79	87.77	87.67	87.69	89.44	87.03
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
88.98	90.16	90.79	87.77	87.66	87.69	89.43	87.03
5.94	6.00	6.02	5.86	5.84	5.86	5.86	6.01
2.06	2.00	1.98	2.14	2.16	2.14	2.14	1.99
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
2.89	3.01	3.02	2.97	2.92	2.91	3.17	3.24
0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.31	4.14	4.13	4.28	4.32	4.32	4.23	4.16
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
5.29	5.22	5.23	5.25	5.27	5.29	5.00	4.90
0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	0.02	0.03
0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
20.58	20.48	20.48	20.58	20.63	20.61	20.47	20.37
0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.00	0.02	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
0.45	0.44	0.44	0.45	0.45	0.45	0.46	0.46
0.55	0.56	0.56	0.55	0.55	0.55	0.54	0.54

Análises de química mineral de **granada** selecionados da região de Jambaló

Amostra	113F	113F	113F	113F	113F	113F	113F	113F	113F	113F	113F	113F	113F	113F	113F	113F	113F	
Análise	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	604	605	606	607	608	609
SiO2	38.03	38.41	37.72	38.16	38.05	38.14	37.85	37.86	37.90	37.83	37.94	38.04	37.21	37.09	37.23	37.11	36.93	36.72
TiO2	0.12	0.09	0.12	0.10	0.09	0.15	0.14	0.13	0.15	0.05	0.12	0.17	0.12	0.11	0.16	0.15	0.15	0.17
Al2O3	21.36	20.99	21.11	21.25	21.26	21.38	21.08	21.29	20.90	21.17	20.98	21.26	21.80	21.46	21.47	21.82	21.55	21.43
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	27.13	25.24	27.24	25.74	26.06	24.30	24.34	24.11	23.82	23.05	23.99	25.04	26.51	25.98	24.96	25.46	24.78	23.60
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	4.30	4.95	5.17	6.77	6.98	8.53	9.26	9.41	8.96	10.65	9.79	7.69	5.75	6.92	7.55	8.01	8.85	10.03
MgO	0.47	0.86	0.80	0.76	0.81	0.89	0.66	0.71	0.80	0.44	0.81	0.87	0.96	1.32	1.25	1.16	1.72	0.94
CaO	9.70	10.97	8.80	8.25	8.04	8.19	7.52	7.47	7.80	8.30	7.42	8.11	8.77	7.98	8.00	7.92	7.40	7.42
Na2O	0.16	0.00	0.40	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.26	0.19	0.11	0.23	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	101.26	101.51	101.34	101.03	101.71	101.58	100.86	100.96	100.35	101.49	101.05	101.17	101.12	101.12	100.80	101.73	101.61	100.31
FeOALC	27.13	25.24	27.24	25.74	26.06	24.30	24.34	24.11	23.82	23.05	23.99	25.04	26.51	25.98	24.96	25.46	24.78	23.60
Fe2O3CALC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTALCALC	101.26	101.51	101.34	101.03	101.71	101.58	100.86	100.96	100.35	101.49	101.05	101.17	101.12	101.12	100.80	101.73	101.61	100.31
O_F_CL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	101.26	101.51	101.34	101.03	101.71	101.58	100.86	100.96	100.35	101.49	101.05	101.17	101.12	101.12	100.80	101.73	101.61	100.31
Tsi	3.01	3.03	2.98	3.04	3.00	3.02	3.03	3.02	3.04	3.01	3.03	3.02	2.95	2.94	2.96	2.93	2.91	2.95
TAI	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.06	0.04	0.07	0.09	0.05
SUM_T	3.01	3.03	3.00	3.04	3.00	3.02	3.03	3.02	3.04	3.01	3.03	3.02	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
AIVI	1.99	1.95	1.95	1.99	1.97	1.99	1.99	2.00	1.97	1.98	1.97	1.99	1.99	1.94	1.97	1.95	1.91	1.97
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_A	2.00	1.95	1.95	2.00	1.98	2.00	1.99	2.01	1.98	1.99	1.98	2.00	2.00	1.94	1.98	1.96	1.92	1.98
Fe2	1.80	1.66	1.80	1.71	1.72	1.61	1.63	1.61	1.60	1.53	1.60	1.67	1.76	1.72	1.66	1.68	1.63	1.58
Mg	0.06	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.08	0.08	0.10	0.05	0.10	0.10	0.11	0.16	0.15	0.14	0.20	0.11
Mn	0.29	0.33	0.35	0.46	0.47	0.57	0.63	0.64	0.61	0.72	0.66	0.52	0.39	0.46	0.51	0.54	0.59	0.68
Ca	0.82	0.93	0.75	0.70	0.68	0.70	0.64	0.64	0.67	0.71	0.63	0.69	0.75	0.68	0.68	0.67	0.62	0.64
Na	0.02	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.02	0.04	0.00
SUM_B	2.99	3.02	3.05	2.96	3.02	2.98	2.98	2.97	2.98	3.01	2.99	2.98	3.00	3.06	3.02	3.04	3.08	3.02
SUM_CAT	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
O	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
CF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alm	0.00	55.07	0.00	57.82	0.00	53.98	54.66	54.22	53.70	50.94	53.49	55.94	58.53	0.00	0.00	0.00	0.00	52.52
Adr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grs	0.00	30.65	0.00	23.75	0.00	23.31	21.62	21.53	22.52	23.49	21.20	23.21	24.80	0.00	0.00	0.00	0.00	21.14
Pyp	0.00	3.35	0.00	3.03	0.00	3.52	2.65	2.83	3.22	1.75	3.20	3.46	3.77	0.00	0.00	0.00	0.00	3.73
Sps	0.00	10.93	0.00	15.41	0.00	19.19	21.07	21.43	20.46	23.82	22.11	17.39	12.85	0.00	0.00	0.00	0.00	22.61
Uvr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
XCaGrt	0.28	0.31	0.25	0.24	0.23	0.23	0.22	0.22	0.23	0.24	0.21	0.23	0.25	0.22	0.23	0.22	0.21	0.21
XFeGrt	0.61	0.55	0.60	0.58	0.58	0.54	0.55	0.54	0.54	0.51	0.54	0.56	0.59	0.57	0.55	0.56	0.54	0.53
XMgGrt	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.07	0.04
Fe_MgGrt	32.67	16.47	19.15	19.04	17.89	15.32	20.61	19.16	16.65	28.93	16.68	16.17	15.57	11.03	11.20	12.35	8.08	14.02

Análises de química mineral de **granada** selecionados da região de Jambaló

Amostra	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118
Análise	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546
SiO2	37.87	38.12	37.42	37.40	38.03	37.93	37.93	37.85	37.81	37.63	37.43	37.74	37.80	37.53	37.49	37.81	37.79	37.88
TiO2	0.08	0.06	0.23	0.17	0.02	0.08	0.11	0.02	0.00	0.15	0.15	0.09	0.19	0.08	0.02	0.08	0.06	0.06
Al2O3	21.84	21.70	21.59	21.65	21.67	21.84	21.54	21.40	21.49	21.59	21.51	21.42	21.37	21.57	21.76	21.75	21.63	21.89
FeO	23.67	23.71	21.26	20.76	19.54	18.40	17.46	19.68	19.90	18.72	19.52	19.77	20.28	20.62	21.10	22.94	23.93	23.75
Cr2O3	0.00	0.03	0.00	0.08	0.04	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.04	0.02
MnO	4.18	5.18	7.61	8.90	9.28	11.03	11.27	11.13	10.90	10.94	10.70	10.71	9.08	8.64	7.81	6.14	4.92	4.18
MgO	1.13	1.08	0.80	0.80	0.74	0.69	0.59	0.72	0.73	0.69	0.68	0.72	0.74	0.79	0.91	1.04	1.12	1.14
Y2O3	0.06	0.00	0.03	0.06	0.12	0.18	0.19	0.12	0.12	0.21	0.11	0.14	0.12	0.11	0.09	0.03	0.06	0.04
CaO	11.28	10.46	11.14	10.06	10.71	10.30	10.92	10.05	9.05	10.25	10.20	9.65	10.04	10.06	10.22	10.17	10.53	11.33
TOTAL	100.11	100.30	100.07	99.79	100.11	100.44	100.01	100.96	100.00	100.18	100.29	100.25	99.60	99.41	99.40	99.97	100.03	100.26
FeOCALC	23.67	23.71	21.26	20.76	19.54	18.40	17.46	19.68	19.90	18.72	19.52	19.77	20.28	20.62	21.10	22.94	23.93	23.75
Fe2O3CALC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTALCALC	100.11	100.30	100.07	99.79	100.11	100.44	100.01	100.96	100.00	100.18	100.29	100.25	99.60	99.41	99.40	99.97	100.03	100.26
TSi	3.01	3.03	2.98	2.99	3.03	3.02	3.03	3.00	3.03	3.01	2.99	3.02	3.04	3.02	3.01	3.02	3.01	3.00
Tal	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_T	3.01	3.03	3.00	3.00	3.03	3.02	3.03	3.00	3.03	3.01	3.00	3.02	3.04	3.02	3.01	3.02	3.01	3.00
AIVI	2.04	2.03	2.01	2.03	2.03	2.05	2.03	2.00	2.03	2.03	2.01	2.02	2.02	2.04	2.06	2.04	2.03	2.04
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_A	2.05	2.03	2.02	2.05	2.04	2.05	2.04	2.00	2.03	2.04	2.02	2.02	2.03	2.05	2.06	2.05	2.03	2.05
Fe2	1.57	1.57	1.42	1.39	1.30	1.22	1.17	1.31	1.34	1.25	1.30	1.32	1.36	1.39	1.42	1.53	1.59	1.57
Mg	0.13	0.13	0.10	0.10	0.09	0.08	0.07	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.13
Mn	0.28	0.35	0.51	0.60	0.63	0.74	0.76	0.75	0.74	0.74	0.72	0.73	0.62	0.59	0.53	0.42	0.33	0.28
Ca	0.96	0.89	0.95	0.86	0.92	0.88	0.94	0.86	0.78	0.88	0.87	0.83	0.86	0.87	0.88	0.87	0.90	0.96
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_B	2.95	2.94	2.98	2.95	2.93	2.93	2.93	2.99	2.94	2.95	2.98	2.96	2.93	2.94	2.93	2.94	2.96	2.95
SUM_CAT	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
O	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
CF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CCl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alm	53.35	53.54	47.59	47.10	44.43	41.82	39.76	43.63	45.41	42.39	43.73	44.67	46.45	47.21	48.26	52.08	53.89	53.35
Adr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grs	32.57	30.19	31.95	29.00	31.07	29.90	31.80	28.54	26.45	29.69	29.25	27.92	29.45	29.40	29.90	29.59	30.29	32.53
Pyp	4.53	4.34	3.21	3.22	3.01	2.79	2.38	2.83	2.97	2.77	2.73	2.91	3.04	3.24	3.70	4.21	4.48	4.56
Sps	9.55	11.86	17.25	20.45	21.37	25.39	26.00	24.99	25.18	25.09	24.28	24.50	21.06	20.04	18.09	14.12	11.23	9.51
Uvr	0.00	0.08	0.00	0.23	0.13	0.10	0.06	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.12	0.05	0.00	0.11	0.06
XCaGrt	0.33	0.30	0.32	0.29	0.31	0.30	0.32	0.29	0.26	0.30	0.29	0.28	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.33
XFeGrt	0.53	0.54	0.48	0.47	0.44	0.42	0.40	0.44	0.45	0.42	0.44	0.45	0.47	0.47	0.48	0.52	0.54	0.53
XMgGrt	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05
Fe_MgGrt	11.73	12.39	14.92	14.63	14.81	14.93	16.67	15.37	15.35	15.26	16.09	15.37	15.30	14.59	12.99	12.34	12.07	11.75

Análises de química mineral de **granada** selecionados da região de Jambaló

Amostra	121B	121B	121B	121B	121B	121B	121B	121B	121B	121B	121B	121B	121B	121B	121B	121B	121B	
Análise	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296
SiO2	38.11	38.10	37.96	37.71	37.77	38.14	37.67	38.01	37.78	37.96	37.94	37.87	37.86	37.84	37.75	37.52	37.75	37.68
TiO2	0.16	0.13	0.13	0.09	0.09	0.22	0.18	0.09	0.10	0.13	0.10	0.06	0.12	0.16	0.15	0.04	0.13	0.20
Al2O3	21.40	21.35	21.42	21.43	21.51	21.32	21.37	21.43	21.55	21.51	21.28	21.45	21.37	21.20	21.28	21.06	21.23	20.83
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	27.23	27.19	26.15	26.64	26.70	24.61	23.52	26.27	27.41	27.10	25.85	27.07	27.05	24.81	22.71	21.57	19.21	19.03
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	3.47	2.77	3.51	4.51	3.15	4.93	5.65	3.61	2.65	2.39	3.92	3.39	3.18	4.68	8.32	11.99	12.89	12.42
MgO	0.90	0.96	0.91	0.90	1.05	0.83	0.73	0.92	1.00	0.96	0.84	0.89	0.96	0.77	0.72	0.67	0.55	0.51
CaO	9.98	10.20	10.80	9.51	10.57	11.12	11.35	10.55	10.20	10.76	10.62	10.09	10.09	11.13	9.60	7.38	8.75	9.03
Na2O	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.00	0.04	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.03	0.03
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	101.25	100.72	100.89	100.80	100.87	101.16	100.50	100.88	100.73	100.85	100.58	100.81	100.63	100.60	100.55	100.23	100.54	99.72
FeOCALC	27.23	27.19	26.15	26.64	26.70	24.61	23.52	26.27	27.41	27.10	25.85	27.07	27.05	24.81	22.71	21.57	19.21	19.03
Fe2O3CALC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTALCALC	101.25	100.72	100.89	100.80	100.87	101.16	100.50	100.88	100.73	100.85	100.58	100.81	100.63	100.60	100.55	100.23	100.54	99.72
O_F_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	101.25	100.72	100.89	100.80	100.87	101.16	100.50	100.88	100.73	100.85	100.58	100.81	100.63	100.60	100.55	100.23	100.54	99.72
TSi	3.01	3.02	3.01	3.00	2.99	3.01	2.99	3.01	3.00	3.00	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.02	3.02	3.04
Tal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_T	3.01	3.02	3.01	3.00	3.00	3.01	3.00	3.01	3.00	3.00	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.02	3.02	3.04
AIVI	1.99	2.00	2.00	2.00	1.99	1.98	1.99	2.00	2.01	2.01	1.99	2.00	2.00	1.98	2.00	2.00	2.00	1.98
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_A	2.00	2.00	2.01	2.01	2.00	2.00	2.00	2.01	2.02	2.01	2.00	2.01	2.01	1.99	2.01	2.00	2.01	1.99
Fe2	1.80	1.80	1.73	1.77	1.77	1.63	1.56	1.74	1.82	1.79	1.72	1.80	1.80	1.65	1.51	1.45	1.28	1.28
Mg	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.10	0.09	0.11	0.12	0.11	0.10	0.11	0.11	0.09	0.09	0.08	0.07	0.06
Mn	0.23	0.19	0.24	0.30	0.21	0.33	0.38	0.24	0.18	0.16	0.26	0.23	0.21	0.32	0.56	0.82	0.87	0.85
Ca	0.85	0.87	0.92	0.81	0.90	0.94	0.97	0.90	0.87	0.91	0.90	0.86	0.86	0.95	0.82	0.64	0.75	0.78
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_B	2.99	2.97	2.99	2.99	3.00	2.99	3.00	2.99	2.99	2.98	2.99	2.99	2.99	3.00	2.98	2.98	2.98	2.98
SUM_CAT	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
O	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
CF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alm	60.32	60.68	57.88	59.20	58.87	54.28	52.10	58.29	60.88	60.12	57.48	60.14	60.23	54.90	50.74	48.63	43.16	43.09
Adr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grs	28.32	29.16	30.61	27.06	29.84	31.42	32.22	29.98	29.01	30.59	30.26	28.71	28.79	31.54	27.48	21.30	25.19	26.21
Pyp	3.55	3.82	3.59	3.57	4.12	3.26	2.88	3.63	3.97	3.81	3.35	3.51	3.79	3.03	2.88	2.69	2.21	2.07
Sps	7.78	6.25	7.86	10.15	7.04	11.00	12.68	8.10	5.96	5.38	8.83	7.63	7.17	10.50	18.82	27.39	29.31	28.49
Uvr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
XCaGrt	0.28	0.29	0.31	0.27	0.30	0.31	0.32	0.30	0.29	0.31	0.30	0.29	0.29	0.32	0.28	0.21	0.25	0.26
XFeGrt	0.60	0.61	0.58	0.59	0.59	0.54	0.52	0.58	0.61	0.60	0.58	0.60	0.60	0.55	0.51	0.49	0.43	0.43
XMgGrt	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
Fe_MgGrt	16.99	15.83	16.18	16.55	14.25	16.58	18.16	15.96	15.27	15.74	17.18	17.11	15.91	18.11	17.61	18.14	19.46	20.68

Análises de química mineral de **granada** selecionados da região de Jambaló

Amostra	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J
Análise	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266
SiO2	37.88	37.88	37.65	37.38	37.98	37.43	37.71	37.16	37.72	37.97	38.00	38.15	37.66	38.13	37.87	37.99	37.75	37.50
TiO2	0.11	0.02	0.11	0.28	0.15	0.26	0.21	0.02	0.17	0.15	0.08	0.09	0.11	0.11	0.22	0.15	0.06	0.08
Al2O3	21.39	21.67	21.49	21.17	21.93	21.54	21.70	21.68	21.57	21.76	21.63	21.78	21.57	21.66	21.44	21.55	21.58	21.43
FeO	18.53	17.87	17.12	15.03	13.97	13.67	14.98	17.39	17.98	18.57	18.76	17.84	16.38	15.87	17.46	16.82	18.27	17.74
Cr2O3	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.03	0.01	0.06	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.00
MnO	10.88	12.74	12.35	17.17	16.80	17.32	15.51	12.54	11.85	11.69	12.17	11.82	14.48	14.29	13.48	12.23	11.29	11.38
MgO	0.62	0.60	0.56	0.47	0.44	0.40	0.47	0.55	0.64	0.64	0.66	0.62	0.48	0.47	0.61	0.54	0.61	0.63
Y2O3	0.10	0.01	0.10	0.15	0.14	0.12	0.16	0.09	0.10	0.10	0.10	0.02	0.13	0.12	0.11	0.14	0.03	0.11
CaO	10.94	9.81	10.44	9.03	9.29	9.51	9.88	10.28	9.96	9.91	9.80	9.94	10.11	10.11	9.20	10.85	10.77	10.79
TOTAL	100.45	100.59	99.81	100.69	100.69	100.26	100.61	99.72	99.98	100.86	101.20	100.28	100.93	100.78	100.41	100.29	100.37	99.64
FeOCALC	18.53	17.87	17.12	15.03	13.97	13.67	14.98	17.39	17.98	18.57	18.76	17.84	16.38	15.87	17.46	16.82	18.27	17.74
Fe2O3CALC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTALCALC	100.44	100.59	99.81	100.67	100.69	100.24	100.61	99.69	99.97	100.80	101.20	100.26	100.93	100.76	100.39	100.27	100.35	99.64
TSi	6.03	6.03	6.03	5.98	6.05	6.00	6.01	5.96	6.04	6.03	6.02	6.08	5.99	6.06	6.05	6.06	6.01	6.02
Tal	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_T	6.03	6.03	6.03	6.00	6.05	6.00	6.01	6.00	6.04	6.03	6.02	6.08	6.00	6.06	6.05	6.06	6.01	6.02
AIVI	4.01	4.06	4.06	3.97	4.11	4.06	4.08	4.06	4.07	4.07	4.03	4.09	4.02	4.06	4.04	4.05	4.05	4.05
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.01	0.00	0.01	0.03	0.02	0.03	0.03	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_A	4.03	4.06	4.07	4.00	4.13	4.09	4.10	4.07	4.09	4.10	4.04	4.10	4.04	4.07	4.07	4.07	4.05	4.06
Fe2	2.47	2.38	2.30	2.01	1.86	1.83	2.00	2.33	2.41	2.47	2.49	2.38	2.18	2.11	2.34	2.24	2.43	2.38
Mg	0.15	0.14	0.13	0.11	0.10	0.10	0.11	0.13	0.15	0.15	0.16	0.15	0.12	0.11	0.15	0.13	0.15	0.15
Mn	1.47	1.72	1.68	2.33	2.27	2.35	2.09	1.70	1.61	1.57	1.63	1.60	1.95	1.92	1.83	1.65	1.52	1.55
Ca	1.87	1.67	1.79	1.55	1.59	1.63	1.69	1.77	1.71	1.69	1.66	1.70	1.72	1.72	1.58	1.85	1.84	1.85
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_B	5.95	5.91	5.90	6.00	5.82	5.91	5.89	5.94	5.87	5.88	5.94	5.82	5.96	5.87	5.88	5.88	5.94	5.93
SUM_CAT	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
O	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
CF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alm	41.49	40.23	38.91	33.53	32.00	31.00	33.90	39.32	40.98	41.98	41.85	40.87	36.51	35.96	39.71	38.17	40.96	40.14
Adr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grs	31.34	28.31	30.39	25.75	27.27	27.57	28.65	29.68	29.06	28.49	28.01	29.13	28.88	29.30	26.74	31.46	30.90	31.26
Pyp	2.46	2.42	2.27	1.86	1.78	1.61	1.89	2.20	2.59	2.59	2.64	2.53	1.92	1.90	2.47	2.18	2.44	2.53
Sps	24.67	29.05	28.42	38.79	38.96	39.77	35.56	28.71	27.35	26.76	27.50	27.42	32.69	32.79	31.03	28.10	25.64	26.07
Uvr	0.03	0.00	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.09	0.03	0.19	0.00	0.06	0.00	0.05	0.05	0.08	0.05	0.00
XCaGrt	0.31	0.28	0.30	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.29	0.29	0.28	0.29	0.29	0.29	0.27	0.32	0.31	0.31
XFeGrt	0.42	0.40	0.39	0.34	0.32	0.31	0.34	0.39	0.41	0.42	0.42	0.41	0.37	0.36	0.40	0.38	0.41	0.40
XMgGrt	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03
Fe_MgGrt	16.90	16.62	17.13	18.12	18.08	19.27	17.98	17.81	15.84	16.22	15.83	16.18	18.93	18.84	16.10	17.52	16.77	15.87

Análises de química mineral de mica selecionados da região de Jambaló

Amostra	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118
Análise	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449
SiO2	49.23	48.07	49.02	47.73	48.93	47.80	47.87	47.08	46.96	50.91	49.86	47.85	50.16	50.34	49.77	49.98	50.16	49.37
TiO2	0.04	0.08	0.12	0.00	0.00	0.20	0.16	0.00	0.12	0.16	0.16	0.16	0.16	0.22	0.16	0.32	0.20	0.02
Al2O3	33.59	36.42	33.58	39.01	32.74	36.94	35.49	36.94	38.41	26.41	27.42	33.86	27.58	27.46	28.01	27.66	27.85	27.35
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	1.50	0.79	1.50	0.29	1.51	0.69	0.84	0.70	0.34	2.53	1.95	1.29	2.42	2.29	2.69	2.47	2.18	2.25
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.03	0.01	0.04	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03
MgO	1.52	0.67	1.50	0.21	1.74	0.61	0.96	0.41	0.15	3.15	3.20	1.39	2.86	3.15	2.86	3.10	2.88	2.93
CaO	0.06	0.10	0.09	0.14	0.07	0.10	0.04	0.09	0.05	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00
Na2O	2.87	4.52	2.62	5.42	2.32	4.60	3.88	4.63	5.90	0.35	0.29	3.35	0.39	0.39	0.37	0.43	0.39	0.29
K2O	5.46	3.05	5.72	1.06	6.38	2.60	3.65	2.80	0.64	10.35	10.41	5.46	10.38	10.30	10.20	10.28	10.51	10.07
Cl	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.16	0.04	0.11	0.04	0.00	0.00	0.05	0.05	0.15	0.04	0.00	0.00	0.00	0.09	0.04
BaO	0.08	0.05	0.13	0.07	0.13	0.00	0.14	0.05	0.05	0.24	0.28	0.22	0.27	0.35	0.23	0.24	0.48	0.20
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	94.36	93.76	94.28	94.11	93.88	93.66	93.09	92.70	92.64	94.18	93.66	93.76	94.25	94.51	94.32	94.50	94.80	92.55
O_F_Cl	0.00	0.00	0.00	0.07	0.02	0.05	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02
CTOTAL	94.36	93.76	94.28	94.04	93.86	93.61	93.07	92.70	92.64	94.16	93.64	93.70	94.23	94.51	94.32	94.50	94.76	92.53
Si	6.45	6.27	6.44	6.14	6.48	6.22	6.30	6.20	6.12	6.89	6.78	6.35	6.78	6.78	6.73	6.74	6.76	6.78
AlIV	1.55	1.73	1.56	1.86	1.52	1.78	1.70	1.80	1.88	1.11	1.23	1.65	1.22	1.22	1.27	1.26	1.24	1.22
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
AlVI	3.64	3.86	3.64	4.04	3.59	3.89	3.81	3.93	4.02	3.10	3.16	3.64	3.17	3.14	3.18	3.13	3.18	3.20
Ti	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.00
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2	0.17	0.09	0.17	0.03	0.17	0.08	0.09	0.08	0.04	0.29	0.22	0.14	0.27	0.26	0.30	0.28	0.25	0.26
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.30	0.13	0.29	0.04	0.34	0.12	0.19	0.08	0.03	0.64	0.65	0.28	0.58	0.63	0.58	0.62	0.58	0.60
Ca	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.73	1.14	0.67	1.35	0.60	1.16	0.99	1.18	1.49	0.09	0.08	0.86	0.10	0.10	0.10	0.11	0.10	0.08
K	0.91	0.51	0.96	0.17	1.08	0.43	0.61	0.47	0.11	1.79	1.80	0.92	1.79	1.77	1.76	1.77	1.81	1.76
CATIONS	13.76	13.75	13.75	13.66	13.79	13.71	13.71	13.75	13.71	13.91	13.93	13.86	13.93	13.93	13.94	13.95	13.94	13.91
CF	0.00	0.00	0.00	0.13	0.04	0.09	0.03	0.00	0.00	0.04	0.05	0.13	0.03	0.00	0.00	0.00	0.07	0.03
CCl	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Fe_FeMg	0.36	0.40	0.36	0.43	0.33	0.39	0.33	0.49	0.55	0.31	0.25	0.34	0.32	0.29	0.35	0.31	0.30	0.30
Mg_FeMg	0.64	0.60	0.64	0.57	0.67	0.61	0.67	0.51	0.45	0.69	0.75	0.66	0.68	0.71	0.65	0.69	0.70	0.70

Amostra	121B	121B	121B	121B	121B	121B	121B	121B	121B	121B	121B	121B
Análise	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314
SiO2	49.67	48.11	49.13	48.19	49.17	48.49	49.21	48.16	49.30	48.20	48.80	48.20
TiO2	0.06	0.06	0.06	0.01	0.07	0.02	0.03	0.06	0.02	0.03	0.06	0.04
Al2O3	40.02	40.25	40.27	40.89	40.13	40.35	40.09	40.36	40.14	40.79	40.45	40.85
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.76	0.79	0.63	0.66	0.68	0.66	0.63	0.41	0.52	0.56	0.56	0.64
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.03	0.06	0.02	0.05	0.02	0.04	0.06	0.05	0.06	0.04	0.08	0.05
MgO	0.23	0.24	0.18	0.15	0.21	0.23	0.24	0.16	0.13	0.19	0.20	0.20
CaO	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.08	0.04	0.03	0.05	0.07
Na2O	7.25	5.76	7.38	5.52	7.51	5.66	7.25	5.78	7.43	5.81	7.81	5.49
K2O	0.72	0.66	0.47	0.40	0.67	0.69	0.91	0.47	0.51	0.32	0.25	0.69
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	98.78	95.98	98.19	95.91	98.50	96.21	98.49	95.51	98.15	95.96	98.26	96.22
O_F_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	98.78	95.98	98.19	95.91	98.50	96.21	98.49	95.51	98.15	95.96	98.26	96.22
Si	6.11	6.06	6.08	6.05	6.08	6.09	6.08	6.08	6.10	6.05	6.04	6.05
AlIV	1.89	1.94	1.92	1.95	1.92	1.91	1.92	1.92	1.90	1.95	1.96	1.95
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
AlVI	3.92	4.03	3.94	4.10	3.92	4.05	3.92	4.07	3.95	4.08	3.93	4.08
Ti	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Mg	0.04	0.05	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
Ca	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Na	1.73	1.41	1.77	1.35	1.80	1.38	1.74	1.41	1.78	1.42	1.87	1.33
K	0.11	0.11	0.08	0.06	0.11	0.11	0.14	0.08	0.08	0.05	0.04	0.11
CATIONS	13.89	13.70	13.90	13.62	13.94	13.66	13.93	13.66	13.90	13.65	13.96	13.65
CF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CCl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Fe_FeMg	0.66	0.65	0.67	0.72	0.65	0.61	0.59	0.59	0.68	0.62	0.61	0.64
Mg_FeMg	0.34	0.35	0.33	0.28	0.35	0.39	0.41	0.41	0.32	0.38	0.39	0.36

Análises de química mineral de mica selecionados da região de Jambaló

Amostra	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A	123A
Análise	108	109	110	111	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166
SiO2	46.28	46.94	46.49	45.50	46.31	46.20	46.47	45.95	45.68	45.92	47.28	46.30	46.94	46.03	45.87	46.71	57.51	58.81
TiO2	0.08	0.00	0.02	0.14	0.04	0.10	0.00	0.00	0.04	0.06	0.18	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.08
Al2O3	37.29	37.49	37.14	36.77	37.09	37.32	37.57	37.43	37.50	37.03	32.15	37.75	38.23	37.47	37.79	37.53	10.20	9.86
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.80	0.68	0.83	0.72	0.96	1.05	0.78	0.49	0.68	0.82	2.28	0.75	0.71	0.87	0.85	0.73	10.75	10.39
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.05	0.08
MgO	0.32	0.23	0.27	0.32	0.33	0.29	0.29	0.25	0.26	0.29	1.60	0.30	0.17	0.27	0.17	0.28	10.68	10.56
CaO	0.05	0.06	0.07	0.06	0.07	0.07	0.05	0.09	0.09	0.08	0.08	0.06	0.09	0.07	0.04	0.08	0.01	0.00
Na2O	6.94	7.31	7.00	7.08	6.81	6.44	6.58	6.77	6.71	6.88	3.00	7.00	6.89	7.11	7.47	7.15	0.04	0.02
K2O	0.90	0.86	0.59	0.91	0.78	0.93	0.92	0.73	0.74	0.97	5.65	0.73	0.48	0.91	0.40	0.84	6.49	6.35
Cl	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.00	0.23	0.34	0.00	0.20	0.26
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	92.66	93.56	92.43	91.52	92.43	92.41	92.66	91.71	91.71	92.05	92.26	93.00	93.52	93.02	92.94	93.33	95.93	96.40
O_F_Cl	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.10	0.14	0.00	0.08	0.11
CTOTAL	92.66	93.56	92.43	91.52	92.43	92.41	92.66	91.71	91.71	92.05	92.26	93.00	93.52	93.02	92.94	93.33	95.93	96.40
Si	6.09	6.12	6.12	6.07	6.11	6.09	6.10	6.09	6.06	6.09	6.40	6.07	6.10	6.06	6.04	6.10	7.80	7.90
AlIV	1.91	1.88	1.88	1.93	1.89	1.91	1.90	1.91	1.94	1.91	1.60	1.93	1.90	1.94	1.96	1.90	0.20	0.10
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
AlVI	3.87	3.87	3.88	3.86	3.87	3.89	3.92	3.93	3.92	3.87	3.52	3.90	3.94	3.87	3.90	3.88	1.43	1.46
Ti	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2	0.09	0.07	0.09	0.08	0.11	0.12	0.09	0.06	0.08	0.09	0.26	0.08	0.08	0.10	0.09	0.08	1.22	1.17
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Mg	0.06	0.05	0.05	0.06	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.32	0.06	0.03	0.05	0.03	0.06	2.16	2.12
Ca	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	0.00	0.00
Na	1.77	1.85	1.79	1.83	1.74	1.65	1.68	1.74	1.73	1.77	0.79	1.78	1.74	1.82	1.91	1.81	0.01	0.01
K	0.15	0.14	0.10	0.15	0.13	0.16	0.15	0.12	0.13	0.17	0.98	0.12	0.08	0.15	0.07	0.14	1.12	1.09
CATIONS	13.96	13.99	13.93	14.01	13.93	13.89	13.90	13.91	13.92	13.97	13.90	13.96	13.88	14.01	14.01	13.98	13.95	13.86
CF	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.00	0.19	0.28	0.00	0.17	0.22
CCl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Fe_FeMg	0.58	0.62	0.63	0.56	0.62	0.67	0.60	0.52	0.60	0.61	0.44	0.58	0.71	0.64	0.74	0.59	0.36	0.36
Mg_FeMg	0.42	0.38	0.37	0.44	0.38	0.33	0.40	0.48	0.40	0.39	0.56	0.42	0.29	0.36	0.26	0.41	0.64	0.64

Amostra	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J	124J
Análise	113	114	115	116	117	118	119	120	121	125	126	127	128	129	130	131	132	133
SiO2	44.91	46.14	46.16	46.16	45.97	46.28	47.47	48.48	44.71	47.20	45.76	45.69	45.16	46.39	46.29	46.47	50.31	49.75
TiO2	0.16	0.14	0.04	0.04	0.06	0.04	0.20	0.22	0.04	0.04	0.18	0.00	0.14	0.06	0.04	0.04	0.22	0.06
Al2O3	29.97	33.34	38.11	37.80	37.89	38.08	30.99	27.54	37.09	36.80	36.90	37.48	37.29	37.86	33.50	38.20	27.78	25.54
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	4.52	2.42	0.59	0.49	0.54	0.43	2.23	3.55	0.65	1.21	0.68	0.40	0.51	0.39	1.56	0.44	3.28	4.65
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.05	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.05	0.07
MgO	2.92	1.27	0.18	0.15	0.18	0.26	1.82	2.85	0.22	0.55	0.39	0.25	0.23	0.21	1.09	0.16	2.70	3.23
CaO	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03	0.00	0.06	0.06	0.06	0.08	0.22	0.04	0.07	0.04	0.00	0.07
Na2O	3.30	4.40	7.39	7.65	7.38	7.12	3.11	0.59	7.32	6.22	6.86	7.18	7.54	7.30	4.79	7.48	0.46	1.20
K2O	5.85	5.01	0.72	0.43	0.63	0.82	6.41	9.69	0.88	2.35	1.53	0.92	0.75	0.81	4.04	0.54	9.93	8.53
Cl	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
F	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.21	0.00	0.00	0.09	0.08	0.07	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	91.79	92.77	93.26	92.78	92.72	93.10	92.54	93.14	90.97	94.43	92.44	92.06	91.95	93.07	91.38	93.48	94.74	93.10
O_F_Cl	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.09	0.00	0.00	0.04	0.03	0.03	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
CTOTAL	91.79	92.77	93.26	92.78	92.72	93.10	92.54	93.14	90.97	94.43	92.44	92.06	91.95	93.07	91.38	93.48	94.74	93.10
Si	6.25	6.23	6.04	6.06	6.04	6.05	6.46	6.67	6.01	6.15	6.07	6.06	6.01	6.07	6.28	6.06	6.76	6.83
AlIV	1.76	1.77	1.96	1.94	1.96	1.95	1.54	1.33	1.99	1.85	1.93	1.94	1.99	1.93	1.72	1.94	1.24	1.17
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
AlVI	3.15	3.54	3.91	3.90	3.91	3.92	3.42	3.13	3.88	3.79	3.83	3.91	3.86	3.91	3.64	3.92	3.16	2.96
Ti	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2	0.53	0.27	0.06	0.05	0.06	0.05	0.25	0.41	0.07	0.13	0.08	0.04	0.06	0.04	0.18	0.05	0.37	0.53
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Mg	0.61	0.26	0.04	0.03	0.04	0.05	0.37	0.58	0.04	0.11	0.08	0.05	0.05	0.04	0.22	0.03	0.54	0.66
Ca	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
Na	0.89	1.15	1.87	1.95	1.88	1.81	0.82	0.16	1.91	1.57	1.76	1.84	1.95	1.85	1.26	1.89	0.12	0.32
K	1.04	0.86	0.12	0.07	0.11	0.14	1.11	1.70	0.15	0.39	0.26	0.16	0.13	0.14	0.70	0.09	1.70	1.50
CATIONS	14.24	14.10	14.01	14.02	14.00	13.97	14.00	14.00	14.07	14.00	14.03	14.01	14.08	13.99	14.01	13.99	13.92	14.00
CF	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.18	0.00	0.00	0.07	0.06	0.06	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00
CCI	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Fe_FeMg	0.47	0.52	0.65	0.65	0.62	0.48	0.41	0.41	0.62	0.55	0.49	0.47	0.55	0.51	0.45	0.60	0.41	0.45
Mg_FeMg	0.53	0.48	0.35	0.35	0.38	0.52	0.59	0.59	0.38	0.45	0.51	0.53	0.45	0.49	0.55	0.40	0.59	0.55

Análises de química mineral de mica selecionados da região de Jambaló

Amostra	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	129A	
Análise	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	200	201
SiO2	46.69	46.74	46.73	47.15	46.21	48.69	46.15	46.07	46.68	46.05	45.70	47.00	46.93	46.63	46.55	46.42	45.87	46.17
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.12	0.02	0.02	0.10	0.10	0.04	0.12	0.00	0.00	0.16	0.02	0.00	0.10	0.20	0.02
Al2O3	38.53	38.85	38.33	38.43	38.41	35.44	38.31	37.83	38.68	38.10	37.50	38.39	38.66	38.06	37.90	37.73	37.39	38.07
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.76	0.68	0.84	0.77	0.81	0.93	0.63	0.70	0.69	0.49	0.89	0.55	0.63	0.87	0.87	1.05	0.95	0.72
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.01	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00
MgO	0.15	0.10	0.15	0.13	0.11	0.24	0.21	0.21	0.15	0.16	0.32	0.20	0.26	0.14	0.25	0.25	0.20	0.20
CaO	0.02	0.04	0.07	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.01	0.04	0.03	0.02	0.03	0.00	0.03	0.03
Na2O	7.36	7.62	7.38	7.19	7.12	8.12	7.54	7.45	7.67	7.20	7.41	7.33	7.17	7.68	7.81	7.66	7.42	7.40
K2O	0.42	0.42	0.43	0.50	0.31	0.36	0.52	0.45	0.32	0.40	0.42	0.58	0.72	0.31	0.31	0.42	0.50	0.53
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
F	0.00	0.03	0.08	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.12	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.06	0.00	0.00	0.03	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.01	0.00	0.04
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	93.98	94.49	94.01	94.41	93.03	94.09	93.48	92.86	94.30	92.61	92.29	94.22	94.58	93.86	93.72	93.65	92.57	93.19
O_F_Cl	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	93.98	94.48	93.97	94.41	93.03	94.02	93.48	92.86	94.28	92.61	92.29	94.17	94.57	93.86	93.72	93.65	92.57	93.19
Si	6.05	6.03	6.06	6.08	6.04	6.32	6.02	6.05	6.03	6.05	6.04	6.08	6.04	6.06	6.06	6.06	6.05	6.04
AlIV	1.95	1.97	1.94	1.92	1.96	1.68	1.98	1.95	1.97	1.95	1.96	1.92	1.96	1.94	1.94	1.95	1.95	1.96
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
AIVI	3.93	3.93	3.91	3.91	3.95	3.75	3.90	3.89	3.92	3.94	3.88	3.92	3.91	3.89	3.87	3.85	3.86	3.91
Ti	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2	0.08	0.07	0.09	0.08	0.09	0.10	0.07	0.08	0.07	0.05	0.10	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.10	0.08
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.06	0.04	0.05	0.03	0.05	0.05	0.04	0.04
Ca	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	1.85	1.90	1.86	1.80	1.80	2.05	1.91	1.90	1.92	1.83	1.90	1.84	1.79	1.94	1.97	1.94	1.90	1.88
K	0.07	0.07	0.07	0.08	0.05	0.06	0.09	0.08	0.05	0.07	0.07	0.10	0.12	0.05	0.05	0.07	0.09	0.09
CATIONS	13.96	14.00	13.97	13.92	13.92	14.01	14.02	14.00	14.00	13.94	14.02	13.96	13.95	14.00	14.04	14.03	14.01	14.00
CF	0.00	0.02	0.07	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CCl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Fe_FeMg	0.75	0.78	0.77	0.77	0.80	0.69	0.63	0.65	0.73	0.63	0.60	0.60	0.57	0.78	0.66	0.70	0.73	0.67
Mg_FeMg	0.25	0.22	0.23	0.23	0.20	0.31	0.37	0.35	0.27	0.37	0.40	0.40	0.43	0.22	0.34	0.30	0.27	0.33

ANEXO IV. Análises de química mineral selecionadas da região de Barragán

Análises de química mineral de **anfíbólio** selecionados da região de Barragán

Amostra	187A	187A	187A	187A	187A	187A	187A	187A	187A	187A	187A	187A	187A	187A	187A	187A
Análise	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668
SiO2	50.46	50.52	49.99	49.81	49.86	49.78	48.66	48.79	49.10	48.45	48.62	48.89	49.82	47.81	48.30	48.15
TiO2	0.34	0.33	0.31	0.41	0.37	0.45	0.57	0.49	0.44	0.53	0.42	0.41	0.34	0.50	0.46	0.39
Al2O3	11.92	11.82	11.96	11.95	12.09	12.36	12.98	13.43	12.69	13.22	13.19	12.45	12.07	13.61	13.65	12.94
FeO	10.87	10.80	10.70	10.88	11.13	10.93	10.98	11.47	10.96	11.36	11.62	11.15	10.99	11.51	11.64	11.96
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.09	0.09	0.14	0.08	0.09	0.10	0.06	0.10	0.13	0.09	0.13	0.08	0.09	0.02	0.12	0.11
MgO	13.36	13.31	13.04	13.00	12.94	13.04	13.06	12.36	12.52	12.42	12.22	12.76	13.04	11.85	11.98	12.29
CaO	9.03	8.96	9.17	9.02	9.04	9.15	9.11	9.10	9.11	9.12	9.75	9.23	8.83	9.01	9.21	9.75
Na2O	3.06	2.93	3.10	2.68	2.92	2.88	7.42	3.16	3.62	3.29	3.07	2.66	3.20	3.41	3.30	2.74
K2O	0.13	0.17	0.14	0.12	0.16	0.15	0.16	0.11	0.15	0.14	0.13	0.16	0.16	0.15	0.12	0.11
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	99.26	98.92	98.55	97.95	98.60	98.83	103.00	99.01	98.71	98.61	99.15	97.78	98.52	97.88	98.78	98.43
O_F_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O_F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL		98.92	98.55	97.95	98.60	98.83	103.00	99.01	98.71	98.61	99.15	97.78	98.52	97.88	98.78	98.43
Si	6.99	7.02	7.00	6.98	6.97	6.93	6.80	6.82	6.92	6.81	6.83	6.89	6.97	6.79	6.80	6.80
Al	1.01	0.99	1.00	1.02	1.03	1.07	1.20	1.19	1.09	1.19	1.17	1.11	1.04	1.21	1.21	1.20
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Cal	0.94	0.95	0.97	0.95	0.96	0.96	0.93	1.02	1.02	1.00	1.01	0.95	0.95	1.07	1.06	0.95
CCr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CFe3	0.48	0.48	0.34	0.52	0.47	0.48	0.00	0.46	0.21	0.41	0.27	0.53	0.47	0.33	0.35	0.46
Cti	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04
CMg	2.76	2.75	2.72	2.72	2.70	2.71	2.72	2.57	2.63	2.60	2.56	2.68	2.72	2.51	2.51	2.59
CFe2	0.78	0.77	0.91	0.76	0.83	0.80	1.28	0.88	1.08	0.92	1.09	0.78	0.81	1.04	1.02	0.96
CMn	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Cca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_C	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
BMg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BFe2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BMn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BCa	1.34	1.33	1.38	1.35	1.35	1.37	1.36	1.36	1.38	1.37	1.47	1.39	1.32	1.37	1.39	1.47
BNa	0.66	0.67	0.62	0.65	0.65	0.63	0.64	0.64	0.63	0.63	0.53	0.61	0.68	0.63	0.61	0.53
SUM_B	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ACa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ANa	0.16	0.12	0.22	0.08	0.15	0.14	1.37	0.22	0.36	0.27	0.30	0.12	0.19	0.31	0.29	0.22
AK	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
SUM_A	0.19	0.15	0.24	0.10	0.17	0.17	1.40	0.24	0.39	0.30	0.33	0.15	0.22	0.34	0.31	0.24
SUM_CAT	15.19	15.15	15.24	15.10	15.17	15.17	16.40	15.24	15.39	15.30	15.33	15.15	15.22	15.34	15.31	15.24
CCI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_OXY	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.31	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00

Amostra	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B
Análise	28	29	30	32	33	34	35	36	39	53	54	55	56	57	70	71	72	73
SiO2	45.72	48.05	48.80	48.56	47.35	47.12	46.59	47.34	45.42	46.93	46.49	47.36	46.74	46.61	47.93	46.92	46.28	47.69
TiO2	0.46	0.52	0.32	0.52	0.46	0.38	0.35	0.24	0.32	0.31	0.33	0.51	0.44	0.43	0.30	0.48	0.49	0.33
Al2O3	12.93	12.66	11.66	11.89	13.02	12.09	11.16	11.19	14.56	12.67	13.48	13.25	13.37	12.63	10.77	13.30	13.16	11.60
FeO	13.53	11.70	11.27	11.74	12.35	11.85	12.39	12.54	13.57	12.78	12.22	12.50	12.52	12.58	14.28	12.86	12.13	12.85
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.14	0.15	0.13	0.06	0.14	0.15	0.10	0.20	0.04	0.10	0.06	0.13	0.06	0.18	0.23	0.16	0.16	0.14
MgO	12.13	12.64	13.33	13.10	12.15	12.80	13.11	13.00	10.84	11.88	12.43	12.40	12.45	12.44	12.05	11.61	12.61	12.22
CaO	11.52	9.19	9.11	9.33	9.29	10.22	10.96	10.87	10.29	10.70	9.62	9.59	9.80	9.70	11.10	9.37	9.57	10.02
Na2O	1.97	3.05	2.75	3.01	2.75	2.53	1.97	2.12	2.46	2.20	3.09	2.98	2.94	2.75	1.76	2.90	2.76	2.35
K2O	0.17	0.17	0.13	0.10	0.13	0.16	0.14	0.12	0.15	0.19	0.12	0.12	0.15	0.13	0.07	0.12	0.10	0.08
F	0.00	0.00	0.09	0.03	0.03	0.00	0.00	0.14	0.00	0.03	0.03	0.00	0.20	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	98.56	98.12	97.59	98.33	97.82	97.29	96.77	97.76	97.64	97.79	97.86	98.85	98.67	97.43	98.47	97.80	97.26	97.29
O_F_Cl	0.00	0.00	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.06	0.00	0.01	0.01	0.00	0.09	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
O_F	0.00	0.00	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.06	0.00	0.01	0.01	0.00	0.09	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	98.56	98.12	97.55	98.32	97.81	97.29	96.77	97.70	97.64	97.78	97.85	98.85	98.58	97.43	98.47	97.76	97.26	97.29
Si	6.55	6.78	6.88	6.84	6.73	6.75	6.73	6.78	6.54	6.74	6.61	6.66	6.61	6.66	6.85	6.69	6.60	6.84
Al	1.45	1.22	1.12	1.16	1.27	1.25	1.27	1.22	1.46	1.26	1.39	1.34	1.39	1.34	1.15	1.31	1.41	1.16
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00															

Amostra	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B
Análise	28	29	30	32	33	34	35	36	39	53	54	55	56	57	70	71	72	73
SiO2	45.72	48.05	48.80	48.56	47.35	47.12	46.59	47.34	45.42	46.93	46.49	47.36	46.74	46.61	47.93	46.92	46.28	47.69
TiO2	0.46	0.52	0.32	0.52	0.46	0.38	0.35	0.24	0.32	0.31	0.33	0.51	0.44	0.43	0.30	0.48	0.49	0.33
Al2O3	12.93	12.66	11.66	11.89	13.02	12.09	11.16	11.19	14.56	12.67	13.48	13.25	13.37	12.63	10.77	13.30	13.16	11.60
FeO	13.53	11.70	11.27	11.74	12.35	11.85	12.39	12.54	13.57	12.78	12.22	12.50	12.52	12.58	14.28	12.86	12.13	12.85
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.14	0.15	0.13	0.06	0.14	0.15	0.10	0.20	0.04	0.10	0.06	0.13	0.06	0.18	0.23	0.16	0.16	0.14
MgO	12.13	12.64	13.33	13.10	12.15	12.80	13.11	13.00	10.84	11.88	12.43	12.40	12.45	12.44	12.05	11.61	12.61	12.22
CaO	11.52	9.19	9.11	9.33	9.29	10.22	10.96	10.87	10.29	10.70	9.62	9.59	9.80	9.70	11.10	9.37	9.57	10.02
Na2O	1.97	3.05	2.75	3.01	2.75	2.53	1.97	2.12	2.46	2.20	3.09	2.98	2.94	2.75	1.76	2.90	2.76	2.35
K2O	0.17	0.17	0.13	0.10	0.13	0.16	0.14	0.12	0.15	0.19	0.12	0.12	0.15	0.13	0.07	0.12	0.10	0.08
F	0.00	0.00	0.09	0.03	0.03	0.00	0.00	0.14	0.00	0.03	0.03	0.00	0.20	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	98.56	98.12	97.59	98.33	97.82	97.29	96.77	97.76	97.64	97.79	97.86	98.85	98.67	97.43	98.47	97.80	97.26	97.29
O_F_Cl	0.00	0.00	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.06	0.00	0.01	0.01	0.00	0.09	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
O_F	0.00	0.00	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.06	0.00	0.01	0.01	0.00	0.09	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	98.56	98.12	97.55	98.32	97.81	97.29	96.77	97.70	97.64	97.78	97.85	98.85	98.58	97.43	98.47	97.76	97.26	97.29
Si	6.55	6.78	6.88	6.84	6.73	6.75	6.73	6.78	6.54	6.74	6.61	6.66	6.61	6.66	6.85	6.69	6.60	6.84
Al	1.45	1.22	1.12	1.16	1.27	1.25	1.27	1.22	1.46	1.26	1.39	1.34	1.39	1.34	1.15	1.31	1.41	1.16
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Cal	0.73	0.89	0.82	0.81	0.90	0.79	0.63	0.67	1.00	0.88	0.87	0.86	0.84	0.78	0.67	0.93	0.80	0.80
CCr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CFe3	0.52	0.57	0.70	0.60	0.67	0.51	0.59	0.55	0.51	0.38	0.64	0.64	0.65	0.72	0.52	0.59	0.79	0.55
Cti	0.05	0.06	0.03	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05	0.03	0.05	0.05	0.04
CMg	2.59	2.66	2.80	2.75	2.57	2.73	2.82	2.78	2.33	2.54	2.63	2.60	2.63	2.65	2.57	2.47	2.68	2.61
CFe2	1.10	0.81	0.63	0.79	0.80	0.91	0.91	0.96	1.13	1.15	0.81	0.83	0.83	0.78	1.19	0.94	0.65	0.99
CMn	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02
Cca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_C	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
BMg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BFe2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BMn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BCa	1.77	1.39	1.38	1.41	1.41	1.57	1.70	1.67	1.59	1.65	1.47	1.45	1.49	1.48	1.70	1.43	1.46	1.54
BNa	0.23	0.61	0.62	0.59	0.59	0.43	0.30	0.33	0.41	0.36	0.53	0.55	0.52	0.52	0.30	0.57	0.54	0.46
SUM_B	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ACa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ANa	0.31	0.23	0.13	0.23	0.17	0.27	0.25	0.26	0.27	0.26	0.32	0.26	0.29	0.24	0.19	0.23	0.23	0.19
AK	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
SUM_A	0.34	0.26	0.15	0.25	0.19	0.30	0.28	0.28	0.30	0.29	0.34	0.28	0.32	0.27	0.20	0.25	0.24	0.21
SUM_CAT	15.34	15.26	15.15	15.25	15.19	15.30	15.28	15.28	15.30	15.29	15.34	15.28	15.32	15.27	15.20	15.25	15.24	15.21
CCI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CF	0.00	0.00	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.07	0.00	0.01	0.01	0.00	0.09	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_OXY	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00

[illegible]

Amostra	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188
Análise	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	89	90	91	92	93	94	95	96
SiO2	46.05	45.76	45.12	45.37	46.26	45.86	45.04	44.91	45.79	45.62	49.81	50.78	49.68	52.19	48.13	46.27	50.04	46.05
TiO2	0.31	0.45	0.36	0.50	0.34	0.40	0.36	0.41	0.40	0.41	0.18	0.19	0.25	0.10	0.13	0.46	0.19	0.35
Al2O3	11.90	12.75	11.94	12.01	11.33	11.82	10.70	11.89	11.49	11.37	6.64	5.27	6.72	2.99	8.14	12.02	7.55	12.17
FeO	15.84	16.08	15.68	15.07	15.73	15.94	16.19	16.68	16.10	15.85	15.91	16.60	16.88	18.19	16.07	16.16	17.01	16.31
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.17	0.14	0.07	0.12	0.23	0.18	0.11	0.19	0.10	0.09	0.13	0.20	0.13	0.29	0.04	0.16	0.21	0.09
MgO	10.92	10.26	11.36	11.04	10.81	10.90	10.58	10.40	10.86	10.71	12.38	11.91	11.67	11.46	11.96	10.86	11.22	10.22
CaO	10.53	9.63	11.50	10.78	11.12	11.69	12.04	12.08	11.87	10.63	12.26	11.90	11.83	12.05	11.91	10.12	10.78	11.26
Na2O	2.20	2.46	1.96	2.10	1.89	1.54	1.66	1.76	1.66	2.19	1.10	1.02	1.13	0.54	1.17	2.41	1.65	1.91
K2O	0.14	0.19	0.17	0.15	0.16	0.14	0.12	0.21	0.18	0.14	0.06	0.07	0.06	0.04	0.09	0.18	0.14	0.17
F	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.17
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	98.13	97.72	98.14	97.13	97.86	98.47	96.92	98.52	98.44	97.00	98.46	98.03	98.34	97.84	97.93	98.64	98.79	98.69
O_F_Cl	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.07
O_F	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.12	0.00	0.07
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	98.11	97.72	98.14	97.13	97.86	98.47	96.87	98.52	98.44	97.00	98.46	98.00	98.34	97.84	97.81	98.64	98.79	98.62
Si	6.65	6.61	6.55	6.62	6.73	6.64	6.71	6.57	6.66	6.69	7.22	7.42	7.22	7.68	7.02	6.64	7.21	6.68
Al	1.35	1.39	1.45	1.38	1.27	1.36	1.30	1.43	1.34	1.31	0.78	0.58	0.78	0.32	0.98	1.36	0.79	1.32
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Cal	0.68	0.78	0.59	0.69	0.67	0.65	0.58	0.62	0.63	0.66	0.36	0.33	0.38	0.20	0.42	0.67	0.49	0.76
CCr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CFe3	0.69	0.80	0.62	0.58	0.49	0.54	0.29	0.39	0.42	0.57	0.25	0.17	0.33	0.14	0.46	0.78	0.44	0.41
Cti	0.03	0.05	0.04	0.06	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.05	0.02	0.04
CMg	2.35	2.21	2.46	2.40	2.35	2.35	2.35	2.27	2.36	2.34	2.68	2.60	2.53	2.51	2.60	2.32	2.41	2.21
CFe2	1.22	1.14	1.28	1.26	1.42	1.39	1.73	1.65	1.54	1.38	1.68	1.86	1.72	2.10	1.50	1.16	1.62	1.57
CMn	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	0.04	0.01	0.02	0.03	0.01
Cca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_C	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
BMg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BFe2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BMn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BCa	1.63	1.49	1.79	1.69	1.73	1.81	1.92	1.89	1.85	1.67	1.91	1.86	1.84	1.90	1.86	1.56	1.67	1.75
BNa	0.37	0.51	0.21	0.31	0.27	0.19	0.08	0.11	0.15	0.33	0.10	0.14	0.16	0.10	0.14	0.44	0.34	0.25
SUM_B	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ACa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ANa	0.25	0.18	0.34	0.28	0.27	0.24	0.40	0.39	0.32	0.29	0.22	0.16	0.16	0.05	0.19	0.23	0.13	0.29
AK	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03
SUM_A	0.28	0.22	0.37	0.31	0.29	0.27	0.43	0.43	0.35	0.32	0.23	0.17	0.17	0.06	0.21	0.26	0.15	0.32
SUM_CAT	15.28	15.22	15.37	15.31	15.29	15.27	15.43	15.43	15.35	15.32	15.23	15.17	15.17	15.06	15.21	15.26	15.15	15.32
CCI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CF	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.13	0.00	0.00	0.08
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_OXY	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00

Análises de química mineral de anfibólio selecionados da região de Barragán

Amostra	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189A	189A	189A	189A	189A	189A	189A	189A
Análise	689	691	692	693	698	699	700	701	702	703	753	754	755	756	757	758	759	760
SiO2	48.14	49.75	48.14	48.38	48.19	48.80	46.90	46.61	47.59	47.49	47.90	47.86	48.05	48.44	48.20	48.08	47.36	46.39
TiO2	0.48	0.29	0.45	0.47	0.44	0.36	0.47	0.31	0.47	0.50	0.43	0.41	0.39	0.36	0.34	0.33	0.49	0.30
Al2O3	13.77	9.92	13.66	13.42	13.58	13.22	13.74	12.31	13.59	13.54	13.07	13.84	13.36	12.67	12.84	12.54	14.12	13.02
FeO	11.72	14.00	11.75	11.57	11.82	11.50	14.52	16.50	14.02	12.82	13.32	12.73	13.02	12.63	12.98	12.94	12.10	14.92
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.12	0.20	0.04	0.07	0.08	0.05	0.19	0.41	0.30	0.16	0.15	0.10	0.10	0.16	0.16	0.17	0.15	0.27
MgO	12.44	12.98	12.28	12.53	12.70	12.55	10.36	9.95	10.40	11.88	11.78	12.13	12.15	11.92	12.25	11.95	11.95	10.64
CaO	8.89	9.65		8.85	8.94	9.05	9.25	10.96	9.06	9.06	9.78	9.86	9.66	9.97	10.33	10.49	9.36	10.78
Na2O	3.19	2.06	2.71	4.41	3.25	3.42	2.73	6.17	2.52	2.95	3.02	2.51	3.01	2.52	4.92	2.09	3.53	1.72
K2O	0.16	0.11	0.19	0.17	0.16	0.17	0.18	0.19	0.21	0.20	0.15	0.15	0.17	0.16	0.14	0.15	0.18	0.19
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	98.92	98.95	98.20	99.87	99.16	99.11	98.34	103.41	98.15	98.60	99.60	99.57	99.90	98.84	102.14	98.73	99.25	98.25
O_F_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
O_F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	98.92	98.95	98.20	99.87	99.16	99.11	98.34	103.41	98.15	98.60	99.60	99.57	99.90	98.84	102.14	98.73	99.25	98.24
Si	6.72	6.96	6.75	6.77	6.71	6.82	6.69	6.71	6.77	6.68	6.74	6.67	6.71	6.84	6.75	6.80	6.66	6.66
Al	1.28	1.04	1.25	1.23	1.29	1.18	1.31	1.29	1.23	1.32	1.26	1.33	1.29	1.16	1.25	1.20	1.34	1.34
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
CaI	0.98	0.60	1.00	0.98	0.93	1.00	0.99	0.80	1.04	0.93	0.90	0.94	0.90	0.94	0.87	0.89	1.00	0.87
CCr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CFe3	0.65	0.90	0.68	0.28	0.69	0.44	0.61	0.00	0.60	0.71	0.47	0.65	0.58	0.41	0.00	0.46	0.42	0.58
Cti	0.05	0.03	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.03	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.03
CMg	2.59	2.71	2.57	2.61	2.64	2.62	2.20	2.14	2.20	2.49	2.47	2.52	2.53	2.51	2.56	2.52	2.51	2.28
CFe2	0.72	0.73	0.70	1.07	0.68	0.91	1.13	1.99	1.07	0.80	1.09	0.83	0.94	1.08	1.52	1.08	1.01	1.22
CMn	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
Cca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_C	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
BMg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BFe2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BMn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BCa	1.33	1.45	1.35	1.33	1.33	1.36	1.41	1.69	1.38	1.37	1.47	1.47	1.45	1.51	1.55	1.59	1.41	1.66
BNa	0.67	0.55	0.65	0.67	0.67	0.65	0.59	0.31	0.62	0.63	0.53	0.53	0.56	0.49	0.45	0.41	0.59	0.34
SUM_B	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ACa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ANa	0.19	0.01	0.09	0.52	0.21	0.28	0.17	1.41	0.08	0.17	0.30	0.15	0.26	0.20	0.89	0.16	0.37	0.14
AK	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
SUM_A	0.22	0.03	0.12	0.55	0.24	0.31	0.20	1.45	0.11	0.21	0.32	0.18	0.29	0.23	0.91	0.19	0.41	0.17
SUM_CAT	15.22	15.03	15.12	15.55	15.24	15.31	15.20	16.45	15.11	15.21	15.32	15.18	15.29	15.23	15.91	15.19	15.41	15.17
CCI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_OXY	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.35	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.07	23.00	23.00	23.00

Análises de química mineral de anfibólio selecionados da região de Barragán

Amostra	196D	196D	196D	196D	196D	196D	196D	196D	196D	196D
Análise	131	132	133	134	65	81	82	83	84	85
SiO2	58.99	57.51	57.61	58.53	57.69	58.22	58.48	57.42	57.91	58.53
TiO2	0.02	0.07	0.05	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Al2O3	10.58	10.93	11.59	10.59	11.62	10.62	10.77	10.32	10.43	10.57
FeO	11.52	11.63	11.48	11.89	11.36	12.06	12.03	12.56	11.95	12.11
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.12	0.14	0.15	0.13	0.13	0.10	0.14	0.13	0.13	0.11
MgO	10.01	10.29	10.04	9.98	9.55	9.97	9.68	9.67	9.95	9.72
CaO	1.14	2.06	1.27	1.08	1.11	1.23	0.99	1.45	1.49	1.03
Na2O	6.89	6.23	6.97	6.53	6.40	7.21	6.58	6.58	6.71	7.00
K2O	0.01	0.02	0.00	0.01	0.81	0.00	0.00	0.43	0.02	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	99.27	98.87	99.16	98.79	98.67	99.40	98.68	98.56	98.59	99.07
O_F_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O_F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	99.27	98.87	99.16	98.79	98.67	99.40	98.68	98.56	98.59	99.07
Si	7.98	7.82	7.80	7.93	7.88	7.90	7.94	7.89	7.91	7.95
Al	0.02	0.18	0.20	0.07	0.12	0.10	0.06	0.11	0.09	0.05
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Ca1	1.66	1.57	1.65	1.62	1.74	1.60	1.66	1.56	1.59	1.64
CCr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CFe3	0.22	0.36	0.33	0.41	0.22	0.24	0.38	0.29	0.28	0.26
Cti	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CMg	2.02	2.09	2.03	2.02	1.94	2.02	1.96	1.98	2.03	1.97
CFe2	1.09	0.97	0.97	0.93	1.08	1.13	0.98	1.15	1.09	1.11
CMn	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01
Cca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_C	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
BMg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BFe2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BMn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BCa	0.17	0.30	0.19	0.16	0.16	0.18	0.14	0.21	0.22	0.15
BNa	1.81	1.64	1.82	1.71	1.69	1.82	1.73	1.75	1.78	1.84
SUM_B	1.97	1.94	2.00	1.87	1.86	2.00	1.88	1.97	2.00	1.99
ACa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ANa	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
AK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00
SUM_A	0.00	0.00	0.02	0.00	0.14	0.08	0.00	0.08	0.00	0.00
SUM_CAT	14.97	14.94	15.02	14.87	15.00	15.08	14.88	15.04	15.00	14.99
CCI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_OXY	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23

197	197	197	197	197	197	197
14	15	17	18	19	20	21
58.35	58.00	57.57	57.76	58.47	58.43	58.23
0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01
11.17	10.69	9.46	9.77	11.27	10.96	10.30
12.25	12.62	14.69	15.05	13.37	13.92	14.61
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.12	0.20	0.08	0.10	0.10	0.05	0.05
8.93	9.16	8.97	8.57	8.15	8.15	8.04
0.84	1.58	2.34	1.66	0.25	0.49	0.85
6.99	6.71	6.20	6.64	7.46	7.20	7.04
0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
98.66	99.01	99.32	99.58	99.09	99.21	99.13
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
98.66	99.01	99.31	99.58	99.09	99.21	99.13
7.97	7.94	7.93	7.93	7.99	7.98	8.00
0.03	0.06	0.08	0.07	0.01	0.02	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
1.77	1.66	1.46	1.51	1.80	1.74	1.67
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.16	0.15	0.27	0.31	0.16	0.22	0.21
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.82	1.87	1.84	1.75	1.66	1.66	1.65
1.24	1.30	1.42	1.42	1.37	1.37	1.47
0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.12	0.23	0.35	0.24	0.04	0.07	0.12
1.85	1.77	1.66	1.76	1.96	1.91	1.88
1.97	2.00	2.00	2.00	2.00	1.98	2.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
14.98	15.02	15.00	15.01	15.01	14.98	15.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	23	23	23	23	23	23

Análises de química mineral de anfibólio selecionados da região de Barragán

Amostra	197	197	197	197	197	197
Análise	23	42	43	44	45	47
SiO2	58.77	58.68	58.04	57.74	57.88	58.82
TiO2	0.00	0.04	0.02	0.00	0.03	0.03
Al2O3	10.77	10.61	10.93	8.05	11.01	10.81
FeO	14.53	12.65	12.82	12.15	12.67	13.76
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.08	0.13	0.13	0.15	0.09	0.10
MgO	8.00	8.50	8.83	11.03	9.34	8.05
CaO	0.64	0.96	1.20	4.09	1.45	0.22
Na2O	7.40	6.85	6.95	5.25	6.82	7.40
K2O	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02
F	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	100.18	98.45	98.92	98.48	99.29	99.21
O_F_Cl	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
O_F	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	100.18	98.44	98.92	98.47	99.29	99.21
Si	7.99	8.07	7.95	7.99	7.88	8.04
Al	0.01	0.00	0.05	0.01	0.12	0.00
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_T	8.00	8.07	8.00	8.00	8.00	8.04
Cal	1.72	1.72	1.71	1.30	1.65	1.74
CCr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CFe3	0.15	0.03	0.14	0.09	0.24	0.16
Cti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CMg	1.62	1.74	1.80	2.28	1.90	1.64
CFe2	1.50	1.43	1.33	1.32	1.20	1.42
CMn	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
Cca	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.03
SUM_C	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
BMg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BFe2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BMn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BCa	0.09	0.08	0.18	0.61	0.21	0.00
BNa	1.91	1.83	1.82	1.39	1.79	1.96
SUM_B	2.00	1.90	2.00	2.00	2.00	1.96
ACa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ANa	0.04	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00
AK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_A	0.05	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00
SUM_CAT	15.05	14.97	15.02	15.02	15.01	15.00
CCI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CF	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_OXY	23	23	23	23	23	23

199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199
216	217	218	219	220	221	222	224	225	226	230					
56.71	58.04	56.29	56.42	57.07	56.82	57.36	57.68	56.96	57.44	56.69					
0.06	0.01	0.08	0.00	0.06	0.02	0.04	0.03	0.00	0.03	0.00					
11.34	11.95	11.70	11.03	8.89	8.06	10.01	10.49	10.98	10.25	10.72					
12.18	11.08	12.80	12.10	13.55	12.58	12.61	12.40	12.04	12.25	13.12					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
0.18	0.07	0.17	0.14	0.16	0.11	0.15	0.14	0.06	0.18	0.17					
9.65	9.51	9.34	10.20	9.69	11.16	9.50	9.26	9.86	9.80	9.26					
1.71	0.89	2.00	2.10	2.03	4.34	1.47	1.05	1.46	1.96	1.56					
6.68	7.05	6.66	6.61	6.23	5.41	6.64	6.69	6.79	6.20	6.79					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
98.60	98.59	99.05	98.60	97.68	98.59	97.83	97.73	98.17	98.11	98.31					
0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00					
0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
98.56	98.59	99.05	98.60	97.68	98.55	97.81	97.73	98.17	98.11	98.31					
7.77	7.89	7.71	7.73	7.94	7.89	7.93	7.95	7.82	7.90	7.82					
0.23	0.11	0.29	0.27	0.06	0.11	0.07	0.05	0.18	0.10	0.18					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00					
1.60	1.80	1.60	1.51	1.39	1.21	1.56	1.65	1.59	1.56	1.56					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
0.33	0.19	0.32	0.38	0.38	0.14	0.28	0.30	0.35	0.31	0.34					
0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
1.97	1.93	1.91	2.08	2.01	2.31	1.96	1.90	2.02	2.01	1.91					
1.07	1.07	1.15	1.01	1.20	1.32	1.17	1.13	1.03	1.10	1.17					
0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
0.25	0.13	0.29	0.31	0.30	0.65	0.22	0.16	0.22	0.29	0.23					
1.75	1.86	1.71	1.69	1.68	1.35	1.78	1.79	1.79	1.65	1.77					
2.00	1.99	2.00	2.00	1.98	2.00	2.00	1.94	2.00	1.94	2.00					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
0.03	0.00	0.06	0.07	0.00	0.10	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
0.03	0.00	0.06	0.07	0.00	0.10	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05					
15.03	14.99	15.06	15.07	14.98	15.10	15.00	14.94	15.02	14.94	15.05					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23					

[illegible]

Análises de química mineral de clorita selecionados da região de Barraçan

Amostra	187B	189	189	189	189	189A	189A	189A	189A
Análise	52	704	705	706	707	763	764	765	766
SiO2	26.62	26.60	25.73	26.19	26.43	25.86	26.64	25.85	25.76
TiO2	0.03	0.01	0.02	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06
Al2O3	21.40	20.90	20.94	20.90	20.70	21.70	21.69	21.41	20.54
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	20.31	26.19	25.44	25.21	25.86	25.98	26.76	25.80	26.55
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.19	0.56	0.54	0.49	0.51	0.39	0.48	0.42	0.44
MgO	18.90	14.38	14.85	14.69	14.58	14.93	13.57	14.49	13.06
CaO	0.14	0.06	0.09	0.15	0.08	0.06	0.06	0.08	0.14
Na2O	0.01	0.08	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00
K2O	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02
F	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.06
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	87.66	88.79	87.68	87.70	88.19	88.97	89.27	88.37	86.63
O_F_Cl	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03
O_F	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	87.64	88.79	87.68	87.70	88.19	88.96	89.26	88.36	86.60
Si	5.46	5.55	5.44	5.51	5.55	5.38	5.54	5.42	5.54
AlIV	2.54	2.45	2.56	2.49	2.45	2.62	2.47	2.58	2.46
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
AlVI	2.62	2.69	2.65	2.70	2.67	2.70	2.84	2.71	2.75
Ti	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2	3.48	4.57	4.49	4.44	4.54	4.52	4.65	4.53	4.78
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.03	0.10	0.10	0.09	0.09	0.07	0.08	0.08	0.08
Mg	5.78	4.48	4.68	4.61	4.56	4.63	4.20	4.53	4.19
Ca	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03
Na	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
CATIONS	19.95	19.89	19.96	19.88	19.88	19.94	19.80	19.97	19.84
CF	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02	0.09
CCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
Fe_FeMg	0.38	0.51	0.49	0.49	0.50	0.49	0.53	0.50	0.53
Mg_FeMg	0.62	0.49	0.51	0.51	0.50	0.51	0.47	0.50	0.47

196D	196D	196D	196D	196D
112	113	114	115	116
27.79	28.40	28.85	28.69	28.72
0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
19.21	19.11	19.20	19.04	18.86
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21.47	21.72	23.58	21.20	21.94
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.38	0.35	0.37	0.35	0.36
19.00	19.02	17.81	19.28	20.21
0.16	0.14	0.22	0.16	0.22
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
0.01	0.04	0.01	0.01	0.03
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
88.05	88.78	90.04	88.74	90.35
0.01	0.02	0.00	0.01	0.01
0.01	0.02	0.00	0.01	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
88.04	88.76	90.04	88.73	90.34
5.71	5.78	5.83	5.82	5.75
2.29	2.22	2.17	2.18	2.25
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
2.35	2.36	2.41	2.37	2.20
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.69	3.70	3.99	3.60	3.68
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.07	0.06	0.06	0.06	0.06
5.82	5.77	5.37	5.83	6.03
0.03	0.03	0.05	0.04	0.05
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
19.97	19.92	19.88	19.90	20.02
0.02	0.05	0.01	0.02	0.04
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
0.39	0.39	0.43	0.38	0.38
0.61	0.61	0.57	0.62	0.62

Amostra	197	197	197	197	197	197
Análise	10	50	51	52	53	54
SiO2	27.02	28.82	27.97	28.15	28.26	27.96
TiO2	0.05	0.12	0.11	0.18	0.21	0.27
Al2O3	20.26	20.90	19.77	20.10	19.89	19.83
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	24.85	22.53	22.84	22.72	22.68	22.83
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.28	0.40	0.31	0.34	0.43	0.40
MgO	16.44	16.78	17.93	17.79	18.42	17.52
CaO	0.11	0.08	0.01	0.03	0.05	0.03
Na2O	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.00
K2O	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00
F	0.03	0.01	0.05	0.03	0.06	0.06
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	89.06	89.64	89.01	89.38	90.01	88.90
O_F_Cl	0.01	0.00	0.02	0.01	0.03	0.02
O_F	0.01	0.00	0.02	0.01	0.03	0.02
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	89.05	89.64	88.99	89.37	89.98	88.88
Si	5.58	5.80	5.71	5.71	5.70	5.72
AlIV	2.42	2.20	2.29	2.29	2.30	2.28
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
AlVI	2.51	2.76	2.46	2.52	2.42	2.49
Ti	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2	4.29	3.79	3.90	3.86	3.83	3.90
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.05	0.07	0.05	0.06	0.07	0.07
Mg	5.06	5.04	5.46	5.38	5.54	5.34
Ca	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01
Na	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
CATIONS	19.95	19.70	19.90	19.86	19.90	19.85
CF	0.04	0.01	0.07	0.04	0.08	0.07
CCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
Fe_FeMg	0.46	0.43	0.42	0.42	0.41	0.42
Mg_FeMg	0.54	0.57	0.58	0.58	0.59	0.58

197A	197A	197A	197A	197A	197A	197A	197A	197A	197A	197A
101	110	111	112	118	119	12	120	121	122	126
27.72	27.72	28.11	28.62	27.55	27.11	27.82	27.63	28.16	28.84	27.24
0.03	0.18	0.00	0.03	0.01	0.09	0.01	0.12	0.00	0.06	0.00
20.48	20.30	19.85	19.39	19.65	20.29	19.75	20.13	18.94	20.01	19.68
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21.07	20.77	20.45	20.69	21.34	21.58	21.04	21.06	21.56	21.02	21.31
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.35	0.42	0.35	0.27	0.46	0.25	0.41	0.41	0.38	0.45	0.33
18.40	18.47	19.57	20.13	18.62	18.70	18.95	18.76	19.00	19.58	18.91
0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.07	0.07	0.03	0.06
0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	0.00	0.15	0.13	0.00	0.00	0.18	0.00	0.20	0.10	0.10
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
88.22	87.88	88.52	89.27	87.66	88.05	88.20	88.18	88.32	90.10	87.63
0.06	0.00	0.06	0.05	0.00	0.00	0.07	0.00	0.08	0.04	0.04
0.06	0.00	0.06	0.05	0.00	0.00	0.07	0.00	0.08	0.04	0.04
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
88.16	87.88	88.46	89.22	87.66	88.05	88.13	88.18	88.24	90.06	87.59
5.66	5.67	5.71	5.76	5.68	5.57	5.69	5.65	5.77	5.75	5.62
2.34	2.33	2.29	2.24	2.32	2.44	2.31	2.36	2.23	2.25	2.38
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
2.59	2.56	2.45	2.36	2.44	2.47	2.45	2.49	2.35	2.46	2.41
0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.60	3.55	3.47	3.48	3.68	3.71	3.60	3.60	3.70	3.51	3.68
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.06	0.07	0.06	0.05	0.08	0.04	0.07	0.07	0.07	0.08	0.06
5.60	5.63	5.92	6.04	5.72	5.72	5.78	5.71	5.81	5.82	5.82
0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19.86	19.85	19.92	19.93	19.93	19.96	19.93	19.91	19.94	19.88	19.98
0.19	0.00	0.19	0.16	0.00	0.00	0.23	0.00	0.26	0.13	0.13
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
0.39	0.39	0.37	0.37	0.39	0.39	0.38	0.39	0.39	0.38	0.39
0.61	0.61	0.63	0.63	0.61	0.61	0.62	0.61	0.61	0.62	0.61

Análises de química mineral de granada selecionados da região de Barracão

Amostra	187A	187A	187A	187A	187A	187A	187A	187A	187A	187A	187A	187A	187A	187A	187A
Análise	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647
SiO2	38.17	37.85	37.44	37.53	37.63	37.71	37.86	37.68	37.38	37.88	37.33	37.73	37.78	37.75	38.22
TiO2	0.08	0.07	0.09	0.14	0.19	0.21	0.20	0.11	0.15	0.17	0.16	0.08	0.09	0.11	0.04
Al2O3	22.48	22.24	22.00	22.17	22.12	22.06	22.13	21.99	22.12	22.05	22.03	27.97	22.24	22.35	22.44
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	25.47	25.72	24.33	24.13	23.34	22.73	23.16	23.39	23.38	23.68	24.37	25.30	25.53	24.51	24.90
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.81	2.97	4.06	4.73	5.24	5.25	5.44	5.63	5.47	4.90	4.28	3.90	2.56	1.40	0.73
MgO	4.22	2.77	2.12	2.57	1.97	2.13	2.03	2.05	1.82	2.00	2.02	2.17	2.45	3.22	3.50
CaO	11.03	10.55	10.43	10.59	10.88	11.11	10.41	10.27	10.31	10.63	10.73	10.22	10.67	11.58	11.36
Na2O	0.14	0.14	0.14	0.00	0.06	0.00	0.00	0.14	0.17	0.06	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	102.39	102.29	100.61	101.85	101.44	101.21	101.21	101.26	100.80	101.37	100.92	107.37	101.38	100.91	101.18
FeOALC	25.47	25.72	24.33	24.13	23.34	22.73	23.16	23.39	23.38	23.68	24.37	25.30	25.53	24.51	24.90
Fe2O3CALC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTALCALC	102.39	102.29	100.61	101.85	101.44	101.21	101.21	101.26	100.80	101.37	100.92	107.37	101.38	100.91	101.18
O_F_CL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	102.39	102.29	100.61	101.85	101.44	101.21	101.21	101.26	100.80	101.37	100.92	107.37	101.38	100.91	101.18
Tsi	2.91	2.92	2.94	2.91	2.94	2.95	2.96	2.95	2.94	2.96	2.93	2.76	2.94	2.93	2.95
TAl	0.09	0.08	0.06	0.09	0.06	0.05	0.04	0.05	0.06	0.04	0.07	0.24	0.06	0.07	0.05
SUM_T	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
AlVI	1.92	1.94	1.98	1.94	1.97	1.98	2.00	1.97	1.98	1.99	1.97	2.17	1.98	1.98	2.00
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_A	1.93	1.94	1.98	1.95	1.98	1.99	2.01	1.98	1.99	2.00	1.98	2.17	1.99	1.98	2.00
Fe2	1.62	1.66	1.60	1.57	1.52	1.49	1.52	1.53	1.54	1.55	1.60	1.55	1.66	1.59	1.61
Mg	0.48	0.32	0.25	0.30	0.23	0.25	0.24	0.24	0.21	0.23	0.24	0.24	0.28	0.37	0.40
Mn	0.05	0.19	0.27	0.31	0.35	0.35	0.36	0.37	0.36	0.32	0.28	0.24	0.17	0.09	0.05
Ca	0.90	0.87	0.88	0.88	0.91	0.93	0.87	0.86	0.87	0.89	0.90	0.80	0.89	0.96	0.94
Na	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
SUM_B	3.07	3.06	3.02	3.05	3.02	3.01	2.99	3.02	3.01	3.00	3.02	2.83	3.01	3.02	3.00
SUM_CAT	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
O	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
CF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alm	0.00	0.00	0.00	51.27	0.00	49.32	50.76	0.00	0.00	0.00	52.92	54.75	0.00	52.72	53.64
Adr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grs	0.00	0.00	0.00	28.84	0.00	30.89	29.24	0.00	0.00	0.00	29.86	28.32	0.00	31.92	31.35
Pyp	0.00	0.00	0.00	9.73	0.00	8.24	7.92	0.00	0.00	0.00	7.82	8.39	0.00	12.33	13.43
Sps	0.00	0.00	0.00	10.17	0.00	11.54	12.08	0.00	0.00	0.00	9.40	8.55	0.00	3.04	1.58
Uvr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
XCaGrt	0.30	0.29	0.29	0.29	0.30	0.31	0.29	0.29	0.29	0.30	0.30	0.28	0.30	0.32	0.31
XFeGrt	0.53	0.55	0.53	0.51	0.51	0.49	0.51	0.51	0.52	0.52	0.53	0.55	0.55	0.53	0.54
XMgGrt	0.16	0.11	0.08	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.10	0.12	0.13
Fe_MgGrt	3.39	5.21	6.45	5.27	6.62	5.99	6.42	6.40	7.22	6.64	6.78	6.53	5.85	4.28	4.00

Análises de química mineral de granada selecionados da região de Barracón

Amostra	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B	187B
Análise	10	11	12	13	14	15	16	17	58	59	60	61	62	63	64	65	66
SiO2	37.72	37.89	37.50	37.65	30.10	38.63	38.11	37.77	38.27	36.91	38.02	37.85	37.94	38.06	38.36	38.04	37.58
TiO2	0.11	0.10	0.01	0.08	0.13	0.17	0.17	0.28	0.15	0.00	0.19	0.19	0.17	0.13	0.09	0.10	0.22
Al2O3	21.57	21.56	21.04	21.25	21.38	21.04	21.71	21.54	21.64	21.29	21.37	21.21	21.57	21.39	21.44	21.58	21.57
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	23.66	25.00	25.28	25.43	24.61	25.76	25.00	25.70	25.68	25.14	25.10	25.55	26.26	26.35	25.13	25.41	25.63
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	2.50	2.65	2.52	2.46	2.21	1.85	1.58	1.51	1.73	1.87	2.12	2.31	2.51	2.29	2.13	2.00	1.10
MgO	2.32	2.14	2.14	2.33	2.40	2.54	2.73	2.80	2.38	2.38	2.30	2.25	2.09	2.07	2.09	2.14	2.91
CaO	11.31	10.81	11.36	11.61	11.43	11.46	11.31	11.15	11.43	11.54	11.51	10.89	11.15	10.71	11.30	11.11	11.57
Na2O	0.03	0.03	0.04	0.05	0.03	0.05	0.01	0.04	0.01	0.00	0.03	0.04	0.08	0.01	0.06	0.02	0.04
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	99.23	100.17	99.89	100.86	92.29	101.50	100.63	100.78	101.28	99.13	100.64	100.29	101.78	101.01	100.60	100.39	100.63
FeOCALC	23.66	25.00	25.28	25.43	24.61	25.76	25.00	25.70	25.68	25.14	25.10	25.55	26.26	26.35	25.13	25.41	25.63
Fe2O3CALC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTALCALC	99.23	100.17	99.89	100.86	92.29	101.50	100.63	100.78	101.28	99.13	100.64	100.29	101.78	101.01	100.60	100.39	100.63
O_F_CL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	99.23	100.17	99.89	100.86	92.29	101.50	100.63	100.78	101.28	99.13	100.64	100.29	101.78	101.01	100.60	100.39	100.63
Tsi	3.00	2.99	2.97	2.95	2.57	3.01	2.98	2.95	2.98	2.94	2.98	2.99	2.95	2.99	3.01	3.00	2.94
TAl	0.01	0.01	0.03	0.05	0.43	0.00	0.02	0.05	0.02	0.06	0.02	0.01	0.05	0.01	0.00	0.01	0.06
SUM_T	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.01	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.01	3.00	3.00
AlVI	2.01	2.00	1.93	1.91	1.72	1.93	1.98	1.94	1.97	1.93	1.96	1.96	1.93	1.97	1.98	2.00	1.92
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_A	2.02	2.00	1.93	1.92	1.73	1.94	1.99	1.95	1.98	1.93	1.97	1.97	1.94	1.97	1.99	2.00	1.94
Fe2	1.57	1.65	1.68	1.67	1.76	1.68	1.64	1.68	1.68	1.67	1.65	1.69	1.71	1.73	1.65	1.67	1.68
Mg	0.27	0.25	0.25	0.27	0.31	0.29	0.32	0.33	0.28	0.28	0.27	0.27	0.24	0.24	0.25	0.25	0.34
Mn	0.17	0.18	0.17	0.16	0.16	0.12	0.10	0.10	0.11	0.13	0.14	0.15	0.17	0.15	0.14	0.13	0.07
Ca	0.96	0.91	0.96	0.98	1.05	0.96	0.95	0.93	0.95	0.98	0.97	0.92	0.93	0.90	0.95	0.94	0.97
Na	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
SUM_B	2.98	3.00	3.07	3.08	3.27	3.06	3.01	3.05	3.02	3.07	3.03	3.03	3.06	3.03	3.00	3.00	3.06
SUM_CAT	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
O	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
CF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alm	52.71	55.05	0.00	0.00	53.68	0.00	54.37	0.00	55.43	54.59	54.36	55.62	0.00	57.17	0.00	55.80	54.71
Adr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grs	32.27	30.49	0.00	0.00	31.94	0.00	31.52	0.00	31.60	32.09	31.94	30.36	0.00	29.77	0.00	31.27	31.64
Pyp	9.21	8.38	0.00	0.00	9.33	0.00	10.60	0.00	9.15	9.20	8.88	8.74	0.00	8.00	0.00	8.38	11.06
Sps	5.65	5.90	0.00	0.00	4.89	0.00	3.47	0.00	3.77	4.12	4.65	5.10	0.00	5.04	0.00	4.45	2.38
Uvr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
XCaGrt	0.32	0.31	0.32	0.32	0.32	0.31	0.32	0.31	0.32	0.32	0.32	0.30	0.31	0.30	0.32	0.31	0.32
XFeGrt	0.53	0.55	0.55	0.54	0.54	0.55	0.54	0.55	0.56	0.55	0.54	0.56	0.56	0.57	0.55	0.56	0.55
XMgGrt	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.11	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.11
Fe_MgGrt	5.73	6.58	6.62	6.13	5.76	5.70	5.13	5.16	6.07	5.94	6.12	6.36	7.07	7.15	6.74	6.67	4.94

Análises de química mineral de granada selecionados da região de Barracón

Amostra	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188
Análise	100	101	102	103	119	120	121	122	123	124	82	84	85	86	87	88	98
SiO2	37.81	37.11	37.66	38.58	38.85	38.36	37.74	37.33	37.44	37.65	37.63	37.23	37.73	37.75	37.77	38.00	37.92
TiO2	0.22	0.12	0.09	0.12	0.02	0.07	0.06	0.09	0.07	0.10	0.12	0.12	0.21	0.00	0.09	0.15	0.13
Al2O3	21.28	21.40	21.59	21.05	21.60	21.37	21.25	20.79	21.04	20.96	21.63	21.05	21.34	21.45	21.50	21.34	21.41
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	26.82	26.10	25.73	27.78	28.11	26.93	25.35	25.37	25.31	25.45	29.09	25.83	25.60	28.23	27.36	26.94	27.31
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	1.55	1.61	1.75	0.61	0.15	1.12	2.39	4.04	3.79	3.12	0.30	1.85	2.64	0.25	0.17	0.11	0.19
MgO	1.76	1.57	1.52	2.05	2.75	1.89	1.66	1.24	1.32	1.28	2.77	1.57	1.59	2.78	2.77	2.98	2.92
CaO	11.00	11.82	12.39	10.78	10.54	11.25	12.13	10.74	11.57	12.08	10.35	12.12	11.86	10.54	10.82	10.83	10.90
Na2O	0.00	0.02	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.01	0.02	0.01	0.06	0.08	0.02
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	100.44	99.74	100.74	101.02	102.03	101.01	100.59	99.63	100.58	100.68	101.94	99.77	100.98	100.99	100.55	100.42	100.80
FeOCALC	26.82	26.10	25.73	27.78	28.11	26.93	25.35	25.37	25.31	25.45	29.09	25.83	25.60	28.23	27.36	26.94	27.31
Fe2O3CALC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTALCALC	100.44	99.74	100.74	101.02	102.03	101.01	100.59	99.63	100.58	100.68	101.94	99.77	100.98	100.99	100.55	100.42	100.80
O_F_CL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	100.44	99.74	100.74	101.02	102.03	101.01	100.59	99.63	100.58	100.68	101.94	99.77	100.98	100.99	100.55	100.42	100.80
Tsi	2.99	2.95	2.96	3.03	3.01	3.01	2.97	2.99	2.96	2.98	2.92	2.96	2.97	2.95	2.96	2.98	2.97
TAl	0.01	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.04	0.03	0.08	0.04	0.04	0.05	0.04	0.02	0.04
SUM_T	3.00	3.00	3.00	3.03	3.01	3.01	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
AlVI	1.97	1.95	1.96	1.95	1.97	1.98	1.95	1.95	1.93	1.93	1.90	1.93	1.94	1.93	1.95	1.95	1.94
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_A	1.98	1.96	1.97	1.95	1.97	1.98	1.95	1.95	1.93	1.93	1.90	1.94	1.95	1.93	1.95	1.96	1.95
Fe2	1.77	1.74	1.69	1.82	1.82	1.77	1.67	1.70	1.68	1.68	1.89	1.72	1.68	1.85	1.79	1.77	1.79
Mg	0.21	0.19	0.18	0.24	0.32	0.22	0.20	0.15	0.16	0.15	0.32	0.19	0.19	0.32	0.32	0.35	0.34
Mn	0.10	0.11	0.12	0.04	0.01	0.07	0.16	0.27	0.25	0.21	0.02	0.13	0.18	0.02	0.01	0.01	0.01
Ca	0.93	1.01	1.04	0.91	0.87	0.95	1.02	0.92	0.98	1.02	0.86	1.03	1.00	0.88	0.91	0.91	0.91
Na	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
SUM_B	3.02	3.04	3.03	3.02	3.02	3.01	3.05	3.05	3.07	3.07	3.10	3.06	3.05	3.07	3.05	3.04	3.06
SUM_CAT	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
O	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
CF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alm	58.80	57.10	55.78	60.44	60.20	58.69	54.74	55.77	54.56	0.00	0.00	56.09	55.22	60.13	0.00	0.00	58.45
Adr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grs	30.90	33.13	34.42	30.07	28.93	31.40	33.57	30.25	31.95	0.00	0.00	33.71	32.79	28.76	0.00	0.00	29.89
Pyp	6.87	6.11	5.89	7.97	10.48	7.33	6.37	4.84	5.06	0.00	0.00	6.06	6.12	10.54	0.00	0.00	11.15
Sps	3.44	3.57	3.83	1.34	0.32	2.46	5.23	8.98	8.26	0.00	0.00	4.07	5.76	0.54	0.00	0.00	0.41
Uvr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
XCaGr	0.31	0.33	0.34	0.30	0.29	0.31	0.34	0.30	0.32	0.33	0.28	0.34	0.33	0.29	0.30	0.30	0.30
XFeGr	0.59	0.57	0.56	0.61	0.60	0.59	0.55	0.56	0.55	0.55	0.61	0.56	0.55	0.60	0.59	0.58	0.59
XMgGr	0.07	0.06	0.06	0.08	0.11	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.10	0.06	0.06	0.11	0.11	0.12	0.11
Fe_MgGr	8.57	9.33	9.45	7.60	5.74	8.00	8.57	11.48	10.81	11.13	5.90	9.23	9.00	5.70	5.54	5.08	5.24

Análises de química mineral de **granada** selecionados da região de Barracón

Amostra	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189
Análise	676	677	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688
SiO2	37.71	37.97	38.22	37.81	38.09	37.02	38.17	37.82	37.83	37.45	37.87	38.14
TiO2	0.20	0.18	0.21	0.23	0.20	0.22	0.20	0.21	0.22	0.19	0.20	0.23
Al2O3	22.06	22.28	22.21	21.93	22.04	22.02	21.99	22.19	21.91	21.99	22.38	22.18
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	22.01	21.78	24.71	20.73	21.05	22.35	21.14	22.68	20.99	20.67	23.05	21.06
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	5.55	5.66	2.49	7.17	7.04	5.01	6.23	4.37	7.81	8.03	4.26	6.66
MgO	2.18	2.40	3.19	2.22	1.57	3.10	2.66	2.50	1.82	1.80	3.38	2.80
CaO	11.51	11.30	11.38	11.61	11.45	11.44	11.45	11.33	11.28	11.34	10.84	11.07
Na2O	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.02	0.02	0.05	0.06	0.15	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	101.22	101.57	102.40	101.82	101.42	101.16	101.87	101.11	101.90	101.53	102.12	102.14
FeOALC	22.01	21.78	24.71	20.73	21.05	22.35	21.14	22.68	20.99	20.67	23.05	21.06
Fe2O3CALC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTALCALC	101.22	101.57	102.40	101.82	101.42	101.16	101.87	101.11	101.90	101.53	102.12	102.14
O_F_CL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	101.22	101.57	102.40	101.82	101.42	101.16	101.87	101.11	101.90	101.53	102.12	102.14
Tsi	2.94	2.95	2.93	2.93	2.98	2.88	2.95	2.95	2.94	2.92	2.91	2.94
TAl	0.06	0.05	0.07	0.07	0.02	0.12	0.05	0.05	0.06	0.08	0.09	0.06
SUM_T	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
AlVI	1.97	1.99	1.94	1.93	2.01	1.89	1.95	1.98	1.95	1.94	1.93	1.96
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_A	1.98	2.00	1.95	1.95	2.02	1.91	1.97	2.00	1.96	1.95	1.94	1.97
Fe2	1.44	1.41	1.59	1.34	1.38	1.45	1.37	1.48	1.37	1.35	1.48	1.36
Mg	0.25	0.28	0.37	0.26	0.18	0.36	0.31	0.29	0.21	0.21	0.39	0.32
Mn	0.37	0.37	0.16	0.47	0.47	0.33	0.41	0.29	0.51	0.53	0.28	0.44
Ca	0.96	0.94	0.94	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95	0.89	0.92
Na	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00
SUM_B	3.02	3.00	3.05	3.06	2.98	3.09	3.04	3.01	3.04	3.05	3.06	3.03
SUM_CAT	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
O	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
CF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alm	47.59	47.08	52.02	0.00	46.12	46.95	45.05	49.19	0.00	0.00	0.00	44.83
Adr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grs	31.87	31.28	30.71	0.00	32.14	30.79	31.27	31.47	0.00	0.00	0.00	30.18
Pyp	8.39	9.24	11.96	0.00	6.12	11.60	10.12	9.67	0.00	0.00	0.00	10.63
Sps	12.15	12.40	5.32	0.00	15.62	10.66	13.45	9.59	0.00	0.00	0.00	14.36
Uvr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
XCaGrt	0.32	0.31	0.31	0.32	0.32	0.31	0.31	0.32	0.31	0.31	0.29	0.30
XFeGrt	0.48	0.47	0.52	0.44	0.46	0.47	0.45	0.49	0.45	0.44	0.49	0.45
XMgGrt	0.08	0.09	0.12	0.09	0.06	0.12	0.10	0.10	0.07	0.07	0.13	0.11
Fe_MgGrt	5.68	5.09	4.35	5.23	7.52	4.05	4.45	5.08	6.47	6.46	3.82	4.22

Análises de química mineral de **granada** selecionados da região de Barracón

Amostra	189A	189A	189A	189A	189A	189A	189A	189A	189A	189A	189A	189A	189A	189A	189A	189A	189A
Análise	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736
SiO2	38.61	38.73	38.00	38.33	38.50	38.16	37.91	37.64	37.83	37.75	37.63	37.42	37.96	37.49	37.93	37.89	37.02
TiO2	0.16	0.12	0.11	0.08	0.20	0.18	0.14	0.13	0.14	0.11	0.12	0.14	0.13	0.11	0.18	0.13	0.12
Al2O3	22.60	22.62	22.50	22.49	22.53	22.28	22.51	22.17	22.16	22.16	22.01	22.04	22.03	22.11	22.19	21.89	21.83
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	25.44	25.55	25.98	26.47	26.46	25.94	26.59	26.09	25.82	25.94	25.88	24.93	24.65	24.66	24.41	24.55	25.02
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.52	0.47	0.75	1.14	1.44	1.59	1.82	2.75	2.83	3.21	3.62	4.17	4.61	5.13	4.99	4.92	4.74
MgO	3.63	3.41	3.31	3.01	2.88	2.94	3.17	2.06	2.60	1.99	1.92	1.73	1.87	1.71	1.72	1.70	1.77
CaO	11.04	11.19	10.85	10.41	10.40	11.04	10.64	10.61	10.89	10.41	10.21	10.74	10.14	10.07	10.42	10.24	10.11
Na2O	0.00	0.10	0.06	0.10	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	102.00	102.19	101.56	102.03	102.40	102.12	102.79	101.45	102.27	101.56	101.39	101.16	101.40	101.27	101.83	101.32	100.61
FeOALC	25.44	25.55	25.98	26.47	26.46	25.94	26.59	26.09	25.82	25.94	25.88	24.93	24.65	24.66	24.41	24.55	25.02
Fe2O3CALC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTALCALC	102.00	102.19	101.56	102.03	102.40	102.12	102.79	101.45	102.27	101.56	101.39	101.16	101.40	101.27	101.83	101.32	100.61
O_F_CL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	102.00	102.19	101.56	102.03	102.40	102.12	102.79	101.45	102.27	101.56	101.39	101.16	101.40	101.27	101.83	101.32	100.61
Tsi	2.96	2.97	2.93	2.95	2.96	2.94	2.90	2.94	2.92	2.95	2.95	2.94	2.97	2.94	2.96	2.97	2.93
TAl	0.04	0.03	0.07	0.05	0.04	0.06	0.10	0.06	0.08	0.05	0.05	0.06	0.03	0.06	0.04	0.03	0.08
SUM_T	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
AlVI	2.00	2.01	1.98	2.00	2.00	1.96	1.93	1.98	1.94	1.99	1.98	1.97	2.00	1.99	2.00	2.00	1.96
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.01	0.01	0.01	0.00	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
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_A	2.01	2.01	1.99	2.00	2.02	1.98	1.94	1.99	1.95	1.99	1.98	1.98	2.01	1.99	2.01	2.00	1.96
Fe2	1.63	1.64	1.68	1.71	1.70	1.67	1.70	1.70	1.67	1.69	1.70	1.64	1.61	1.62	1.59	1.61	1.65
Mg	0.42	0.39	0.38	0.35	0.33	0.34	0.36	0.24	0.30	0.23	0.22	0.20	0.22	0.20	0.20	0.20	0.21
Mn	0.03	0.03	0.05	0.07	0.09	0.10	0.12	0.18	0.19	0.21	0.24	0.28	0.31	0.34	0.33	0.33	0.32
Ca	0.91	0.92	0.90	0.86	0.86	0.91	0.87	0.89	0.90	0.87	0.86	0.90	0.85	0.85	0.87	0.86	0.86
Na	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_B	2.99	2.99	3.01	3.00	2.99	3.03	3.06	3.01	3.05	3.01	3.02	3.02	2.99	3.01	2.99	3.00	3.04
SUM_CAT	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
O	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
CF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alm	54.61	0.00	0.00	0.00	57.05	55.28	55.67	56.55	54.61	56.30	56.21	54.22	54.01	53.84	53.22	53.75	54.48
Adr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grs	30.38	0.00	0.00	0.00	28.73	30.13	28.53	29.47	29.50	28.96	28.40	29.91	28.47	28.17	29.10	28.70	28.19
Pyp	13.90	0.00	0.00	0.00	11.07	11.16	11.82	7.96	9.82	7.68	7.43	6.69	7.28	6.64	6.67	6.63	6.87
Sps	1.12	0.00	0.00	0.00	3.15	3.43	3.86	6.03	6.07	7.06	7.97	9.18	10.24	11.35	11.01	10.92	10.46
Uvr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
XCaGrt	0.30	0.31	0.30	0.29	0.29	0.30	0.29	0.30	0.30	0.29	0.28	0.30	0.29	0.28	0.29	0.29	0.28
XFeGrt	0.55	0.55	0.56	0.57	0.57	0.55	0.56	0.57	0.55	0.56	0.56	0.54	0.54	0.54	0.53	0.54	0.55
XMgGrt	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.11	0.12	0.08	0.10	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Fe_MgGrt	3.93	4.21	4.40	4.93	5.16	4.95	4.70	7.10	5.56	7.33	7.57	8.10	7.40	8.10	7.96	8.10	7.91

Análises de química mineral de mica selecionados da região de Barragán

Amostra	196D	196D	196D	196D	196D	196D	196D	196D	196D	196D	196D	196D	196D	196D	196D	196D
Análise	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151
SiO2	53.57	55.64	50.70	52.46	50.96	51.83	50.37	51.55	50.72	51.57	49.69	52.30	50.27	51.71	50.41	54.81
TiO2	0.01	0.05	0.37	0.34	0.33	0.34	0.26	0.40	0.36	0.30	0.33	0.37	0.32	0.29	0.26	0.14
Al2O3	25.58	26.11	30.62	29.00	30.73	29.27	30.07	29.54	31.66	29.59	30.45	29.84	31.05	29.22	30.54	26.04
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	2.68	2.66	2.70	2.64	2.66	2.55	2.71	2.65	2.74	2.62	2.69	2.62	2.72	2.66	2.70	2.84
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.06	0.05	0.02	0.02	0.03	0.02	0.04	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.03	0.01	0.06
MgO	4.24	4.35	2.75	3.20	2.76	2.97	2.84	2.99	2.65	2.84	2.53	2.81	2.70	2.90	2.93	4.07
CaO	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.06
Na2O	0.10	0.19	0.80	0.86	0.72	1.01	0.62	0.97	0.90	1.17	0.89	1.06	0.77	0.93	0.74	0.24
K2O	7.04	10.25	6.91	9.86	6.97	9.91	6.83	9.83	6.46	9.51	7.08	9.73	6.92	9.91	6.87	10.01
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	93.27	99.34	94.87	98.37	95.16	97.90	93.74	97.94	95.52	97.61	93.66	98.72	94.76	97.66	94.51	98.28
O_F_CI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	93.27	99.34	94.87	98.37	95.16	97.90	93.74	97.94	95.52	97.61	93.66	98.72	94.76	97.66	94.51	98.28
Si	3.24	3.22	3.02	3.07	3.03	3.05	3.04	3.04	3.00	3.04	3.01	3.05	3.00	3.05	3.02	3.20
AlIV	1.82	1.78	2.15	2.00	2.15	2.03	2.14	2.05	2.20	2.06	2.17	2.05	2.18	2.03	2.15	1.79
SUM_T	5.06	4.99	5.18	5.07	5.18	5.08	5.17	5.08	5.20	5.10	5.18	5.10	5.19	5.09	5.17	5.00
AlVI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Fe3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.13	0.14	0.13	0.14	0.13	0.14	0.13	0.14	0.14
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.38	0.37	0.25	0.28	0.24	0.26	0.26	0.26	0.23	0.25	0.23	0.24	0.24	0.26	0.26	0.36
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.01	0.02	0.09	0.10	0.08	0.12	0.07	0.11	0.10	0.13	0.10	0.12	0.09	0.11	0.09	0.03
K	0.54	0.76	0.53	0.74	0.53	0.75	0.53	0.74	0.49	0.72	0.55	0.72	0.53	0.75	0.53	0.75
CATIONS	6.13	6.28	6.19	6.33	6.18	6.35	6.18	6.35	6.18	6.34	6.21	6.33	6.20	6.34	6.20	6.28
CF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CCI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
Fe_FeMg	0.26	0.26	0.35	0.32	0.35	0.33	0.35	0.33	0.37	0.34	0.37	0.34	0.36	0.34	0.34	0.28
Mg_FeMg	0.74	0.74	0.65	0.68	0.65	0.67	0.65	0.67	0.63	0.66	0.63	0.66	0.64	0.66	0.66	0.72

Análises de química mineral de **lawsonita** selecionados da região de Barragán

Amostra	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197
Análise	11	12	13	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
SiO2	41.00	38.97	41.22	40.41	39.14	40.60	39.11	40.42	39.32	41.08	39.24	39.81	39.66
TiO2	0.19	0.49	0.11	0.02	0.29	0.15	0.20	0.26	0.40	0.11	0.35	0.58	0.13
Al2O3	31.83	32.52	32.57	32.05	32.42	32.40	32.82	32.52	32.13	32.11	32.46	31.90	32.24
V2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
La2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ce2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nd2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.03	0.00
MgO	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.03	0.18
CaO	17.31	17.14	17.37	17.02	17.01	17.38	17.29	17.30	17.04	17.08	16.83	17.09	16.83
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na2O	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
K2O	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	12.29	11.69	12.36	12.12	11.74	12.17	11.73	12.12	11.79	12.32	11.77	11.94	11.89
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
anidra sum	90.37	89.13	91.28	89.54	88.88	90.56	89.45	90.55	88.92	90.39	88.92	89.45	89.13
hidratada sum	102.66	100.82	103.64	101.66	100.62	102.74	101.17	102.67	100.71	102.71	100.69	101.38	101.02
Si	0.68	0.65	0.69	0.67	0.65	0.68	0.65	0.67	0.65	0.68	0.65	0.66	0.66
Ti	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Al	0.62	0.64	0.64	0.63	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63	0.63	0.64	0.63	0.63
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn2+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.31	0.31	0.31	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	2.61	2.57	2.64	2.59	2.57	2.62	2.58	2.62	2.57	2.62	2.57	2.58	2.58
H	1.36	1.30	1.37	1.35	1.30	1.35	1.30	1.35	1.31	1.37	1.31	1.33	1.32
Si	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Ti	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00
Al	1.83	1.97	1.86	1.87	1.95	1.88	1.98	1.90	1.93	1.84	1.95	1.89	1.92
V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn2+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Ca	0.90	0.94	0.90	0.90	0.93	0.92	0.95	0.92	0.93	0.89	0.92	0.92	0.91
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	7.66	7.93	7.70	7.71	7.88	7.75	7.93	7.78	7.85	7.66	7.87	7.80	7.81
H	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
sum VI site	1.84	1.99	1.87	1.87	1.96	1.89	1.99	1.91	1.94	1.85	1.96	1.91	1.93
sum VIII site	0.91	0.94	0.90	0.90	0.93	0.92	0.95	0.92	0.93	0.89	0.92	0.92	0.93
sum O site	7.66	7.93	7.70	7.71	7.88	7.75	7.93	7.78	7.85	7.66	7.87	7.80	7.81
sum IV + VI	3.84	3.99	3.87	3.87	3.96	3.89	3.99	3.91	3.94	3.85	3.96	3.91	3.93
Si	2.09	2.02	2.08	2.08	2.03	2.06	2.02	2.06	2.04	2.09	2.03	2.05	2.05
Ti	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00
Al	1.91	1.98	1.93	1.94	1.98	1.94	2.00	1.95	1.96	1.92	1.98	1.94	1.96
V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn2+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Ca	0.94	0.95	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.94	0.95	0.93	0.93	0.94	0.93
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
sum IV site	2.09	2.02	2.08	2.08	2.03	2.06	2.02	2.06	2.04	2.09	2.03	2.05	2.05
sum VI site	1.92	2.00	1.94	1.94	1.99	1.95	2.00	1.96	1.98	1.93	2.00	1.96	1.98
sum VIII site	0.94	0.95	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.94	0.95	0.93	0.94	0.95	0.95
sum IV + VI	4.01	4.02	4.01	4.02	4.02	4.01	4.02	4.02	4.02	4.02	4.03	4.01	4.03
X(Lws)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
X(Fe-Lws)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Amostra	197A	197A	197A	197A	197A	197A	197A	197A	197A	197A	197A	197A	197A	197A	197A	197A	197A
Análise	11	12	13	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	25	26	27	29
SiO2	38.46	37.65	39.84	39.90	38.88	39.17	39.14	39.13	39.81	39.26	39.64	39.74	39.72	38.92	39.28	39.19	39.65
TiO2	0.08	0.00	0.52	0.67	1.82	0.44	0.85	0.53	0.45	0.44	0.70	0.34	0.50	0.49	0.85	0.55	0.17
Al2O3	31.64	31.72	31.48	31.71	30.03	31.59	31.15	31.11	31.79	31.52	30.87	31.53	31.17	31.37	31.38	31.47	31.85
V2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.30	0.34	0.53	0.33	0.31	0.30	0.38	0.44	0.30	0.24	0.37	0.36	0.44	0.43	0.36	0.29	0.23
La2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ce2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nd2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.08	0.00	0.04	0.01	0.04	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.06
MgO	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01
CaO	18.27	17.47	17.45	17.35	17.61	17.61	17.08	16.93	17.51	17.48	17.36	17.50	17.02	17.30	17.33	17.08	17.11
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na2O	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	11.53	11.29	11.95	11.97	11.66	11.74	11.74	11.73	11.94	11.77	11.89	11.92	11.91	11.67	11.78	11.75	11.89
F	0.07	-0.14	-0.17	0.07	0.24	0.07	0.24	0.27	0.10	0.20	-0.03	-0.13	-0.07	0.14	0.03	0.00	0.13
anidra sum	88.77	87.19	89.92	89.98	88.70	89.14	88.66	88.18	89.91	88.97	88.96	89.49	88.88	88.56	89.22	88.63	89.08
hidratada sum	100.30	98.48	101.87	101.95	100.36	100.88	100.40	99.91	101.85	100.75	100.85	101.40	100.79	100.23	101.00	100.39	100.97
Si	0.64	0.63	0.66	0.66	0.65	0.65	0.65	0.65	0.66	0.65	0.66	0.66	0.66	0.65	0.65	0.65	0.66
Ti	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Al	0.62	0.62	0.62	0.62	0.59	0.62	0.61	0.61	0.62	0.62	0.61	0.62	0.61	0.62	0.62	0.62	0.62
Fe3+	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00											

Amostra	196D	196D	196D	196D	196D	196D	196D	196D
Análise	232	124	125	126	127	128	129	130
SiO2	37.90	38.52	38.46	38.23	38.40	38.49	38.51	38.19
Al2O3	25.32	25.75	25.79	25.58	25.90	25.65	25.81	25.88
MgO	3.21	3.56	3.59	3.38	3.49	3.67	3.48	3.55
Na2O	0.14	0.23	0.21	0.18	0.17	0.11	0.15	0.17
V2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.36	0.54	0.68	0.55	0.62	0.52	0.75	0.63
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	3.57	3.15	3.34	3.36	2.93	2.94	3.03	2.98
F	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.07	0.01	0.01
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02
CaO	23.19	22.29	22.28	22.01	22.30	22.43	22.38	22.29
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TiO2	0.07	0.08	0.05	0.07	0.05	0.04	0.04	0.07
SiO2	37.90	38.52	38.46	38.23	38.40	38.49	38.51	38.19
TiO2	0.07	0.08	0.05	0.07	0.05	0.04	0.04	0.07
Al2O3	25.32	25.75	25.79	25.58	25.90	25.65	25.81	25.88
V2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	3.97	3.50	3.72	3.74	3.26	3.27	3.37	3.31
MnO	0.36	0.54	0.68	0.55	0.62	0.52	0.75	0.63
MgO	3.21	3.56	3.59	3.38	3.49	3.67	3.48	3.55
CaO	23.19	22.29	22.28	22.01	22.30	22.43	22.38	22.29
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na2O	0.14	0.23	0.21	0.18	0.17	0.11	0.15	0.17
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02
H2O	6.63	6.74	6.73	6.69	6.72	6.73	6.74	6.68
anidra sum	94.15	94.46	94.79	93.73	94.21	94.20	94.49	94.13
hidratada sum	100.78	101.20	101.51	100.42	100.93	100.93	101.23	100.81
Si	0.63	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.50	0.51	0.51	0.50	0.51	0.50	0.51	0.51
V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04
Mn2+	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09
Ca	0.41	0.40	0.40	0.39	0.40	0.40	0.40	0.40
Na	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	2.58	2.60	2.61	2.58	2.60	2.60	2.60	2.59
OH	0.74	0.75	0.75	0.74	0.75	0.75	0.75	0.74
Si	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Al	4.72	4.73	4.74	4.73	4.77	4.71	4.74	4.79
V	0.00	0.00	0.00	0.00				

199 232	199 246	199 251	199 252	199 253	199 254	199 255	199 256
37.90	37.55	37.82	39.86	39.97	39.91	37.79	38.08
25.32	25.21	25.72	26.46	27.13	22.53	25.08	25.15
3.21	3.40	3.47	2.75	2.85	4.38	3.43	3.54
0.14	0.18	0.22	0.16	0.21	1.38	0.25	0.16
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.36	0.55	0.30	0.41	0.20	0.21	0.59	0.32
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.57	3.32	2.56	2.91	3.62	4.44	3.14	3.29
0.00	0.30	0.13	0.14	0.30	0.42	0.03	0.07
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23.19	22.61	22.92	22.12	21.68	20.92	22.50	22.97
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.07	0.07	0.04	0.07	0.03	0.03	0.10	0.05
37.90	37.55	37.82	39.86	39.97	39.91	37.79	38.08
0.07	0.07	0.04	0.07	0.03	0.03	0.10	0.05
25.32	25.21	25.72	26.46	27.13	22.53	25.08	25.15
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.97	3.69	2.84	3.23	4.02	4.94	3.49	3.66
0.36	0.55	0.30	0.41	0.20	0.21	0.59	0.32
3.21	3.40	3.47	2.75	2.85	4.38	3.43	3.54
23.19	22.61	22.92	22.12	21.68	20.92	22.50	22.97
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.14	0.18	0.22	0.16	0.21	1.38	0.25	0.16
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.63	6.57	6.62	6.97	6.99	6.98	6.61	6.66
94.15	93.25	93.33	95.05	96.08	94.30	93.22	93.93
100.78	99.82	99.94	102.02	103.07	101.28	99.83	100.59
0.63	0.62	0.63	0.66	0.67	0.66	0.63	0.63
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0.49	0.50	0.52	0.53	0.44	0.49	0.49
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.06	0.04	0.05
0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
0.08	0.08	0.09	0.07	0.07	0.11	0.09	0.09
0.41	0.40	0.41	0.39	0.39	0.37	0.40	0.41
0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.58	2.56	2.57	2.64	2.67	2.59	2.56	2.58
0.74	0.73	0.73	0.77	0.78	0.78	0.73	0.74
6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
4.72	4.75	4.81	4.69	4.80	3.99	4.69	4.67
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.47	0.44	0.34	0.37	0.45	0.56	0.42	0.43
0.05	0.07	0.04	0.05	0.02	0.03	0.08	0.04
0.76	0.81	0.82	0.62	0.64	0.98	0.81	0.83
3.93	3.87	3.90	3.57	3.49	3.37	3.83	3.88
0.04	0.05	0.07	0.05	0.06	0.40	0.08	0.05
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.57	24.58	24.52	23.86	24.07	23.41	24.45	24.45
7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
6.01	6.08	6.01	5.74	5.92	5.56	6.01	5.98
3.98	3.93	3.96	3.61	3.55	3.77	3.90	3.93
31.57	31.58	31.52	30.86	31.07	30.41	31.45	31.45
15.99	16.01	15.98	15.35	15.47	15.33	15.92	15.91
24.59	24.57	24.56	24.87	24.90	24.43	24.57	24.58
6.01	6.00	6.01	6.25	6.21	6.26	6.03	6.03
0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
4.73	4.74	4.82	4.89	4.97	4.16	4.72	4.70
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.19	0.14	0.12	0.75	0.79	-0.14	0.15	0.16
0.05	0.07	0.04	0.05	0.03	0.03	0.08	0.04
0.76	0.81	0.82	0.64	0.66	1.02	0.82	0.84
3.94	3.87	3.90	3.72	3.61	3.52	3.85	3.90
0.04	0.05	0.07	0.05	0.06	0.42	0.08	0.05
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.07	24.05	24.17	25.05	24.99	23.41	24.09	24.09
7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
5.73	5.78	5.80	6.35	6.45	5.08	5.77	5.74
3.98	3.92	3.97	3.77	3.67	3.94	3.92	3.95
0.80	0.85	0.88	0.46	0.45	1.16	0.85	0.84
0.20	0.15	0.12	0.54	0.55	-0.16	0.15	0.16
0.83	0.83	0.84	0.78	0.77	0.83	0.83	0.82
0.03	0.03	0.02	0.12	0.12	-0.03	0.03	0.03
0.13	0.14	0.14	0.10	0.10	0.20	0.14	0.15
0.80	0.85	0.88	0.46	0.45	1.16	0.85	0.84
0.20	0.15	0.12	0.54	0.55	-0.16	0.15	0.16
0.44	0.44	0.46	0.39	0.40	0.16	0.43	0.41
0.11	0.08	0.07	0.33	0.33	-0.14	0.09	0.10
0.45	0.48	0.47	0.28	0.27	0.98	0.49	0.49

ANEXO V. Análises geoquímicas completas das amostras da região de Jambaló

Fácies		Xisto verde					
Amostra	Limite de detecção	107*	107A	107B	109A**	114	125M***
SiO2 (%)	0.01	59.270	49.060	58.120	38.270	55.160	56.330
TiO2 (%)	0.001	1.020	1.196	0.821	0.429	0.778	1.167
Al2O3 (%)	0.01	15.580	16.550	16.990	17.690	16.480	17.770
Fe2O3(T) (%)	0.01	7.080	11.520	7.780	7.830	9.120	8.140
MnO (%)	0.001	0.156	0.180	0.096	0.147	0.174	0.103
MgO (%)	0.01	3.180	7.290	3.310	1.550	5.910	4.680
CaO (%)	0.01	2.990	6.650	4.700	20.700	4.600	1.640
Na2O (%)	0.01	6.670	3.860	3.560	2.820	1.860	5.650
K2O (%)	0.01	1.590	0.510	1.190	0.550	1.360	0.650
P2O5 (%)	0.01	0.340	0.130	0.140	0.030	0.160	0.130
LOI (%)	0.01	1.970	3.570	3.520	10.440	4.770	3.740
Total (%)	0.01	99.850	100.500	100.200	100.500	100.400	99.990
Ba (ppm)	3	988.000	458.000	921.000	285.000	440.000	191.000
Rb (ppm)	1	26.000	9.000	21.000	9.000	18.000	5.000
Sr (ppm)	2	57.000	249.000	324.000	387.000	414.000	83.000
Cs (ppm)	0.1	3.000	0.600	1.100	0.500	0.300	0.500
Ga (ppm)	1	15.000	19.000	18.000	30.000	21.000	19.000
Tl (ppm)	0.05	0.200	0.240	0.690	0.090	0.200	0.150
Ta (ppm)	0.01	0.560	0.350	0.880	0.210	0.720	1.010
Nb (ppm)	0.2	5.600	2.000	2.800	0.600	2.400	4.900
Hf (ppm)	0.1	4.200	1.600	2.200	0.500	1.900	3.700
Zr (ppm)	4	164.000	54.000	78.000	19.000	67.000	147.000
Y (ppm)	0.5	42.400	18.600	18.700	7.100	20.100	23.800
Th (ppm)	0.05	2.790	0.930	1.830	0.220	2.090	3.090
U (ppm)	0.01	1.380	0.360	0.810	0.170	0.790	0.750
Cr (ppm)	20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	100.000
Ni (ppm)	20	20.000	30.000	< 20	30.000	< 20	30.000
Co (ppm)	1	21.000	29.000	26.000	17.000	22.000	34.000
Sc (ppm)	1	15.000	41.000	27.000	18.000	34.000	28.000
V (ppm)	5	107.000	384.000	239.000	360.000	315.000	194.000
Cu (ppm)	10	60.000	70.000	40.000	30.000	50.000	50.000
Pb (ppm)	5	< 5	8.000	< 5	< 5	20.000	5.000
Zn (ppm)	30	70.000	100.000	70.000	50.000	160.000	110.000
Bi (ppm)	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.200	< 0.1
Sn (ppm)	1	1.000	< 1	< 1	< 1	2.000	2.000
W (ppm)	0.5	76.500	71.800	228.000	57.300	189.000	171.000
Be (ppm)	1	2.000	1.000	1.000	< 1	1.000	1.000
Ag (ppm)	0.5	0.600	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
As (ppm)	5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
La (ppm)	0.05	16.800	6.290	10.500	1.650	12.900	12.400
Ce (ppm)	0.05	39.000	14.300	22.500	4.030	26.800	28.100
Pr (ppm)	0.01	5.450	2.120	2.900	0.600	3.420	3.360
Nd (ppm)	0.05	25.100	10.400	13.100	3.010	14.500	14.200
Sm (ppm)	0.01	6.420	2.710	3.190	0.860	3.300	3.510
Eu (ppm)	0.005	2.150	1.130	1.130	0.446	1.210	1.180
Gd (ppm)	0.01	6.820	2.960	3.140	1.060	3.280	3.810
Tb (ppm)	0.01	1.180	0.530	0.550	0.190	0.560	0.710
Dy (ppm)	0.01	7.340	3.250	3.400	1.250	3.410	4.550
Ho (ppm)	0.01	1.480	0.650	0.680	0.260	0.710	0.890
Er (ppm)	0.01	4.360	1.860	2.060	0.770	2.150	2.660
Tm (ppm)	0.005	0.659	0.269	0.331	0.112	0.329	0.396
Yb (ppm)	0.01	4.270	1.660	2.380	0.720	2.150	2.550
Lu (ppm)	0.002	0.689	0.247	0.397	0.113	0.316	0.377
Ge (ppm)	0.5	1.300	1.600	1.300	2.000	1.300	1.600

*estilpnomelano-muscovita-albita-anfibólio-quartzo xisto, **epidósito, ***rocha transicional

Xisto azul					
121B	121C	123A	124G	124J	129A
51.740	50.940	50.420	56.900	52.010	51.420
1.428	0.680	1.462	1.710	1.478	1.838
15.590	17.670	17.760	15.620	18.060	14.410
9.660	6.960	9.750	9.500	8.840	9.530
0.441	0.118	0.139	0.123	0.145	0.129
3.490	6.130	3.270	4.020	4.480	5.330
5.760	8.870	11.600	2.940	3.480	3.950
4.780	2.330	2.620	4.490	5.570	5.180
0.310	0.130	0.350	0.830	0.690	0.160
0.290	0.090	0.410	0.290	0.230	0.230
6.600	4.690	2.580	3.800	4.180	7.840
100.100	98.610	100.400	100.200	99.150	100.000
66.000	154.000	71.000	119.000	108.000	25.000
5.000	2.000	6.000	14.000	16.000	3.000
166.000	151.000	574.000	68.000	80.000	163.000
1.200	< 0.1	0.300	0.400	0.400	0.300
17.000	13.000	25.000	20.000	22.000	20.000
0.070	< 0.05	< 0.05	0.140	0.120	< 0.05
1.120	0.670	2.210	1.460	1.390	1.290
5.300	1.600	15.400	7.200	9.500	7.700
3.300	1.100	4.900	4.500	6.400	4.300
126.000	38.000	224.000	186.000	264.000	175.000
33.000	13.800	23.500	35.800	48.600	38.400
1.000	0.280	1.480	3.640	3.740	1.200
0.390	0.130	0.340	0.930	1.380	0.520
20.000	140.000	60.000	< 20	60.000	90.000
30.000	70.000	70.000	< 20	30.000	30.000
33.000	32.000	36.000	32.000	51.000	35.000
29.000	33.000	20.000	27.000	25.000	37.000
214.000	184.000	184.000	238.000	185.000	278.000
< 10	20.000	50.000	< 10	< 10	30.000
< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
70.000	50.000	80.000	130.000	130.000	130.000
< 0.1	< 0.1	0.100	< 0.1	< 0.1	< 0.1
1.000	1.000	2.000	2.000	3.000	3.000
258.000	219.000	333.000	322.000	230.000	107.000
1.000	< 1	1.000	2.000	2.000	1.000
< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
7.000	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
10.400	3.590	22.300	15.600	14.800	9.220
25.900	8.990	46.600	35.400	40.400	24.000
3.620	1.240	5.860	4.710	5.650	3.380
17.500	6.090	24.400	20.400	24.300	16.200
4.590	1.720	5.310	5.020	6.040	4.740
1.830	0.817	1.980	1.700	1.950	1.580
5.270	2.050	5.170	5.450	6.760	5.320
0.940	0.390	0.840	0.990	1.270	1.020
5.920	2.380	4.740	6.230	8.010	6.740
1.180	0.480	0.860	1.280	1.630	1.400
3.510	1.410	2.350	3.740	4.880	4.160
0.532	0.207	0.327	0.542	0.721	0.631
3.450	1.330	2.030	3.480	4.530	4.140
0.516	0.197	0.290	0.550	0.683	0.635
1.200	1.600	1.400	1.300	1.300	1.100

ANEXO VI. Análises geoquímicas completas das amostras da região de Barragán

Fácies		Anfibolito				
Amostra	Limite de detecção	187	187A	187B	188	189
SiO2 (%)	0.01	47.670	50.830	50.030	51.270	49.350
TiO2 (%)	0.001	1.302	1.227	1.269	2.042	1.366
Al2O3 (%)	0.01	15.120	14.320	14.970	13.390	14.720
Fe2O3(T) (%)	0.01	14.450	10.770	10.600	12.170	12.190
MnO (%)	0.001	0.519	0.222	0.176	0.230	0.190
MgO (%)	0.01	7.990	7.910	8.240	6.010	8.720
CaO (%)	0.01	8.810	10.260	11.210	9.440	8.820
Na2O (%)	0.01	2.550	2.350	2.310	3.920	2.640
K2O (%)	0.01	0.210	0.140	0.100	0.110	0.170
P2O5 (%)	0.01	0.100	0.080	0.120	0.220	0.100
LOI (%)	0.01	1.400	2.080	1.230	1.150	2.050
Total (%)	0.01	100.100	100.200	100.300	99.960	100.300
Ba (ppm)	3	78.000	374.000	323.000	17.000	38.000
Rb (ppm)	1	4.000	2.000	4.000	< 1	3.000
Sr (ppm)	2	37.000	113.000	152.000	113.000	120.000
Cs (ppm)	0.1	0.200	< 0.1	0.100	< 0.1	0.200
Ga (ppm)	1	14.000	16.000	18.000	18.000	19.000
Tl (ppm)	0.05	0.060	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Ta (ppm)	0.01	1.460	0.860	0.040	0.670	0.030
Nb (ppm)	0.2	2.000	1.100	1.000	2.500	0.900
Hf (ppm)	0.1	2.100	1.900	1.900	3.900	2.200
Zr (ppm)	4	59.000	62.000	69.000	134.000	68.000
Y (ppm)	0.5	37.500	29.200	30.300	48.800	33.200
Th (ppm)	0.05	0.110	0.060	0.060	0.190	0.060
U (ppm)	0.01	0.050	0.040	0.040	0.090	0.050
Cr (ppm)	20	270.000	370.000	340.000	70.000	240.000
Ni (ppm)	20	90.000	80.000	70.000	60.000	80.000
Co (ppm)	1	72.000	61.000	40.000	53.000	41.000
Sc (ppm)	1	44.000	43.000	45.000	42.000	44.000
V (ppm)	5	285.000	275.000	305.000	395.000	331.000
Cu (ppm)	10	30.000	20.000	30.000	30.000	80.000
Pb (ppm)	5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Zn (ppm)	30	110.000	80.000	90.000	140.000	130.000
Bi (ppm)	0.1	< 0.1	0.400	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Sn (ppm)	1	2.000	1.000	1.000	2.000	1.000
W (ppm)	0.5	208.000	230.000	2.600	137.000	1.500
Be (ppm)	1	< 1	< 1	1.000	1.000	1.000
Ag (ppm)	0.5	0.500	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
As (ppm)	5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
La (ppm)	0.05	3.380	2.230	2.520	5.020	1.990
Ce (ppm)	0.05	7.280	6.450	6.810	16.000	7.130
Pr (ppm)	0.01	1.590	1.260	1.350	2.630	1.350
Nd (ppm)	0.05	8.810	7.450	8.050	14.400	8.040
Sm (ppm)	0.01	2.950	2.700	2.790	4.870	2.930
Eu (ppm)	0.005	1.080	1.120	1.140	1.810	1.270
Gd (ppm)	0.01	3.950	3.790	3.860	6.520	4.150
Tb (ppm)	0.01	0.830	0.760	0.790	1.300	0.890
Dy (ppm)	0.01	5.910	5.100	5.240	8.510	5.840
Ho (ppm)	0.01	1.270	1.060	1.070	1.750	1.150
Er (ppm)	0.01	4.060	3.170	3.240	5.190	3.440
Tm (ppm)	0.005	0.635	0.482	0.495	0.787	0.514
Yb (ppm)	0.01	4.140	3.100	3.210	5.020	3.270
Lu (ppm)	0.002	0.656	0.464	0.509	0.766	0.512
Ge (ppm)	0.5	1.600	1.300	1.300	1.600	1.400

Xisto azul					
195	196	196A	196D	197A	199
50.000	48.370	48.420	49.140	49.240	48.250
1.976	1.399	1.727	1.481	1.241	1.920
14.520	14.540	15.360	13.930	16.310	14.380
11.180	10.320	11.670	10.820	10.410	12.730
0.187	0.157	0.200	0.161	0.168	0.158
6.180	9.280	6.740	6.600	8.590	7.600
8.410	8.100	8.650	10.810	4.190	7.550
2.030	2.680	3.360	2.420	0.180	3.330
< 0.01	0.580	0.140	0.490	0.040	0.110
0.200	0.140	0.130	0.200	0.090	0.190
5.210	4.520	3.450	3.270	8.480	3.870
99.910	100.100	99.840	99.320	98.930	100.100
38.000	73.000	49.000	383.000	18.000	110.000
< 1	11.000	3.000	12.000	< 1	7.000
9.000	73.000	142.000	201.000	73.000	91.000
< 0.1	0.800	0.200	0.700	< 0.1	0.400
21.000	17.000	21.000	18.000	18.000	19.000
< 0.05	0.070	0.060	0.090	< 0.05	0.080
0.520	0.440	0.550	0.760	0.400	0.680
4.200	3.400	4.100	3.600	2.200	5.000
3.600	2.400	3.000	2.500	2.000	3.400
123.000	80.000	107.000	88.000	53.000	120.000
51.000	30.900	41.900	38.300	21.900	40.800
0.290	0.230	0.280	0.240	0.200	0.370
0.250	0.140	0.700	0.290	1.830	0.240
160.000	280.000	240.000	210.000	330.000	220.000
80.000	80.000	90.000	80.000	120.000	120.000
51.000	45.000	51.000	51.000	48.000	52.000
46.000	43.000	47.000	42.000	35.000	42.000
418.000	315.000	386.000	334.000	290.000	380.000
60.000	50.000	50.000	110.000	< 10	70.000
< 5	< 5	< 5	< 5	6.000	< 5
150.000	100.000	130.000	110.000	130.000	140.000
< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.300	< 0.1	< 0.1
1.000	< 1	2.000	1.000	< 1	1.000
93.700	66.300	90.100	163.000	92.800	97.300
2.000	1.000	1.000	1.000	< 1	1.000
< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
16.000	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
5.890	4.490	7.340	5.980	2.770	6.480
15.600	12.100	17.100	13.000	8.690	17.300
2.690	1.880	2.860	2.290	1.420	2.720
14.600	9.850	14.500	11.700	8.100	14.400
4.810	3.130	4.460	3.690	2.820	4.620
1.850	1.270	1.760	1.490	1.100	1.770
6.330	4.040	5.850	5.070	3.450	5.800
1.250	0.800	1.140	0.990	0.630	1.140
8.170	5.230	7.390	6.420	3.900	7.350
1.640	1.050	1.450	1.290	0.780	1.470
4.870	3.120	4.260	3.860	2.300	4.340
0.730	0.463	0.639	0.589	0.342	0.652
4.690	2.920	4.060	3.730	2.260	4.130
0.700	0.457	0.609	0.566	0.353	0.624
1.900	1.500	2.000	1.700	1.400	1.900