

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ESTUDO DE INCLUSÕES FLUIDAS EM JAZIDAS E
OCORRÊNCIAS DE TALCO EM METADOLOMITOS NO
GRUPO ITAIACOCA, PARANÁ**

Danilo Marques Saunite

Orientador: Prof. Dr. Fábio Ramos Dias de Andrade

Co-orientadora: Dra. Rosa Maria da Silveira Bello

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2009/06)**

TF
S257
DM.e

SÃO PAULO
2009

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



**ESTUDO DE INCLUSÕES FLUIDAS EM JAZIDAS E
OCORRÊNCIAS DE TALCO EM METADOLOMITOS NO
GRUPO ITAIACOCA, PARANÁ**

Aluno: Danilo Marques Saunite
Orientador: Prof. Dr. Fábio Ramos Dias de Andrade
Co-orientadora: Dra. Rosa Maria da Silveira Bello

Fábio Ramos Dias de Andrade
Rosa Maria da Silveira Bello

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2009/06)

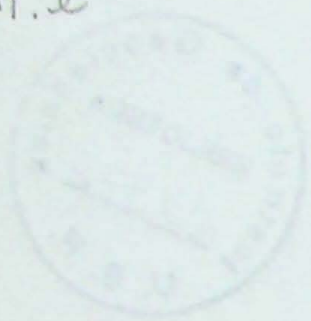
DEDALUS - Acervo - IGC



30900026780

SÃO PAULO
2009

TF
S257
DM.e



UNIVERSITY OF CALIFORNIA
INSTITUTIONAL RESEARCH

ESTADO DE CALIFORNIA
OCURRENCIAS DE TALLO EN VETAGOLLO
GRUPO TAXONOMIA PARANAL



...
...
...

MEMORANDUM DE TRABAJO DE FORMACION
(19-2000)

...

...

**Pensar só nos traz alegria
Saber já é outra questão
Somente quando sonha o homem vai ao céu
E o resto é pelo chão**
(Almir Sater – Hora do Clarão)

*Aos meus pais, Valentim e Jovina, ao meu
irmão André, à minha avó Maria
e aos meus avós Josefa, Ricardo
e Querino (in memoriam)*

Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço a toda minha família, especialmente a meus pais (Jovina e Valentim) pelo amor, carinho, dedicação e apoio incondicional durante toda minha vida, principalmente durante esses 5 anos fora de casa; ao meu irmão (André-MuzZ) pela convivência durante todo esse tempo. À minha avó Maria e aos meus avós que já se foram, Ricardo, Josefa e Querino: obrigado pela convivência e ensinamentos que nunca vou esquecer. Valeu demais, sem vocês eu nunca teria chegado até aqui!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fábio Ramos Dias de Andrade, pela oportunidade de participar deste projeto e pela confiança sempre depositada durante todo esse tempo. Muito obrigado pelos ensinamentos, discussões e paciência ao longo desses anos. À minha co-orientadora Dra. Rosa Maria da Silveira Bello (Laboratório de Inclusões Fluidas) por ensinar cuidadosamente tudo sobre o estudo de inclusões fluidas, pelas discussões às vezes acaloradas e pela convivência diária no laboratório durante o ano. Ao Prof. Dr. Gergely Andres Julio Szabó pela ajuda e discussões em várias etapas deste trabalho. Muito obrigado, muito do meu conhecimento de geólogo eu devo a vocês!

Ao Dr. Flávio Machado de Souza Carvalho (Laboratório de Difração de Raios-X) pelo acompanhamento durante meu primeiro projeto de iniciação científica e auxílio no entendimento e interpretação das análises de difração de raios-X.

A todos os professores e funcionários do IGc-USP que de várias formas participaram, ajudaram, ensinaram e contribuíram nesse caminho.

Ao convênio Vale-FUSP pela bolsa de Trabalho de Formatura ao longo deste ano e à FAPESP pela bolsa de Iniciação Científica 07/50531-1 inserida no contexto do Projeto de Pesquisa 05/55551-5 – “Interações fluido-rocha em metadolomitos do Grupo Itaiacoca, Paraná”, coordenada pelo Prof. Dr. Fábio Ramos Dias de Andrade.

Aos grandes amigos que fiz durante o curso e que espero levar pra toda vida. Para este grupo não vou citar nomes, pois são muitos! Mas não é preciso, pois quem faz parte sabe!

Aos velhos e grandes amigos de Adamantina, em especial ao Caio Romanini, André Sampaio (Doors), Jean Monteiro e Renato Nakatu, entre alguns outros, pela amizade e convivência desde os velhos tempos e que a distância durante esses anos não mudou!

E a Deus por sempre me acompanhar e guiar meus passos.

Resumo

As principais reservas de talco no Brasil estão localizadas no Grupo Itaiacoca, um pacote de rochas metassedimentares proterozoicas de baixo grau, com predomínio de rochas metadolomíticas. A talcificação ocorreu pela interação entre fluidos aquosos ricos em sílica e os metadolomitos.

Foram analisadas inclusões fluidas de amostras associadas a dois modos de ocorrência de talco: (i) talco xistos em zonas de cisalhamento transcorrente; (ii) metadolomitos com talcificação incipiente em descontinuidades estruturais.

As jazidas mais importantes são os talco xistos nas zonas de cisalhamento. As inclusões fluidas analisadas são essencialmente aquosas, com salinidade entre 0 e 5% em peso de NaCl eq., indicando elevada percolação de fluidos nessas zonas. Valores variáveis de T_{htotal} para cada amostra indicam diversas gerações de veios de quartzo durante evolução geológica da área, sendo alguns tardios ao evento de mineralização. O talco atua como lubrificante, facilitando movimentações tectônicas e concomitante percolação de fluidos. Há ainda registros de diversos processos de re-equilíbrio dos fluidos mais antigos com os mais recentes.

Na periferia das zonas de cisalhamento houve circulação restrita de fluidos por redes de microfraturas e descontinuidades estruturais no metadolomito, onde o talco ocorre como filmes delgados. As inclusões fluidas estudadas em núcleos de quartzo presentes em leitos de talco neste contexto são ricas em CO_2 , gerado pela reação de quebra da dolomita. A variação em X_{CO_2} (0,17 a 0,81), d_{CO_2} (0,11 a 0,62 g/cm³) e d_{total} (0,13 a 0,75g/cm³) e constância na salinidade (0 a 5% em peso de NaCl eq.) sugerem um processo de mistura entre os fluidos aquoso e carbônico em proporções variáveis, acima do *solvus*. Valores de T_{htotal} concentrados entre 250 e 300°C não eliminam a possibilidade do aprisionamento ser cogenético à talcificação, provavelmente num estágio tardio, sob regime rúptil.

Abstract

The main Brazilian talc reserves occur in the Itaiacoca Group (Paraná State, Southern Brazil), which is a low-grade metasedimentary unit, constituted mainly by dolomitic rocks. Talc generation took place by reaction of metadolomites with silica-rich aqueous fluids.

Fluid inclusions from two geological settings were studied: (i) talc schists in transcurrent shear zones; (ii) metadolomites with incipient talcification, in structural discontinuities.

The most important economic occurrences are the talc schists in shear zones. Fluid inclusions analyzed are mainly low salinity (0-5 wt% NaCl eq.) aqueous solutions, suggesting high fluid percolation in these zones. Variable T_{htotal} values in each sample indicate several generations of quartz veins during geological evolution of the area. Talc acts as a weakener in shear zones, favoring deformation and fluid percolation, which explains the presence of late quartz veins. Several fluid re-equilibration episodes were deduced.

In the outskirts of the shear zones, fluid circulation was restricted to a net of microfractures and structural discontinuities in the metadolomites, where talc occurs as thin films. Fluid inclusions studied in quartz pods in talc beds are CO_2 -rich, due to metamorphic reactions. Variation in X_{CO_2} (0.17 to 0.81), d_{CO_2} (0.11 to 0.62 g/cm³) and d_{total} (0.13 a 0.75g/cm³), in addition to a narrow range of salinity (0 to 5 wt% NaCl eq.) suggest a fluid-mixing process between aqueous and carbonic fluids, in variable proportions, above the *solvus*. Fluid trapping may have been coeval with talcification, as suggested by minimum trapping temperatures (T_{htotal} concentrated from 250 to 300°C), although in a late stage of talc formation, under brittle conditions.

Lista de abreviaturas

d_{CO_2} : densidade da fase carbônica

d_{total} : densidade total da inclusão

T_{cl} : temperatura de fusão de clatratos

T_e : temperatura do ponto eutético da solução

T_{fCO_2} : temperatura de fusão do CO_2

T_{fg} : temperatura de fusão de gelo

T_{hCO_2} : temperatura de homogeneização do CO_2

(g): a homogeneização se deu pela expansão da fase gasosa

(L): a homogeneização se deu para o estado líquido, pelo desaparecimento da bolha de vapor

T_{htotal} : temperatura de homogeneização total da inclusão

(CO_2): a homogeneização se deu pela expansão da fase carbônica

(L): a homogeneização se deu para o estado líquido, pelo desaparecimento da bolha de vapor

X_{CO_2} : fração molar de CO_2

X_{H_2O} : fração molar de água.

Sumário

Dedicatória	i
Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
Lista de abreviaturas	v
Sumário	vi
1. Introdução	1
2. Objetivos	1
3. Materiais e métodos	2
4. Localização e acessos	2
5. Desenvolvimento do trabalho	3
6. Revisão bibliográfica	4
6.1. Contexto geológico	4
6.2. Trabalhos relacionados	7
6.3. Inclusões fluidas: conceitos básicos	9
6.4. Trabalhos anteriores: inclusões fluidas no Grupo Itaiacoca	13
7. Resultados	15
7.1. Periferia das zonas de cisalhamento transcorrente	17
7.1.1. Aspectos petrográficos	17
7.1.2. Inclusões fluidas	18
7.2. Zonas de cisalhamento transcorrente	20
7.2.1. Aspectos petrográficos	20
7.2.2. Inclusões fluidas	20
8. Discussão	25
8.1. Inclusões fluidas em minerais da periferia das zonas de cisalhamento transcorrente	25
8.2. Inclusões fluidas em minerais nas zonas de cisalhamento transcorrente	34
9. Conclusões	39
Referências bibliográficas	40
Anexos	43

1. Introdução

O Grupo Itaiacoca é um pacote de rochas metassedimentares de baixo grau, com predomínio de rochas dolomíticas. Quatro episódios metamórficos afetaram a unidade: (a) metamorfismo regional em fácies xisto verde; (b) metamorfismo dinâmico e hidrotermal associado a zonas de cisalhamento regionais; (c) metamorfismo de contato com o Complexo Granítico Cunhaporanga; (d) metamorfismo de contato com diques de diabásio. A talcificação se deu pela interação de grandes quantidades de fluidos aquosos ricos em sílica e os metadolomitos (Szabó *et al.*, 2006). Foram geradas grandes quantidades de talco xistos em zonas de cisalhamento, além de talco maciço nas periferias das zonas de cisalhamento, em planos de descontinuidades estruturais. Apesar de haver outros modelos para a talcificação, este foi adotado com base nos dados disponíveis. Menores quantidades de talco foram geradas durante retrometamorfismo, no contato com o granito. O Grupo Itaiacoca contém as maiores reservas de talco do Brasil (DNPM, 2008).

O presente trabalho contemplou o estudo microtermométrico de inclusões fluidas em minerais associados às ocorrências de talco em descontinuidades estruturais, na periferia das zonas de cisalhamento, além de inclusões aprisionadas em veios de quartzo em talco xistos na zona de cisalhamento de Itapirapuã. Os veios são interpretados como os canais de percolação dos fluidos aquosos ricos em sílica.

A análise dos dados de inclusões fluidas permitiu a formulação de um modelo de evolução dos fluidos relacionados aos ambientes de talcificação. Parte dos resultados obtidos neste trabalho foram publicados por Saunite *et al.* (2009).

2. Objetivos

O presente trabalho teve por objetivo um estudo comparativo entre os tipos de inclusões fluidas presentes em distintas condições de formação e ocorrência de talco no Grupo Itaiacoca, segundo o modelo proposto por Szabó *et al.* (2006). Através da microtermometria de inclusões fluidas, os fluidos foram caracterizados em termos físicos e químicos, tendo sido sugerida sua evolução no decorrer das reações metamórficas e da cristalização dos minerais hospedeiros das inclusões.

Os resultados obtidos a partir da análise das inclusões fluidas foram importantes para a melhor compreensão dos processos de talcificação dos metadolomitos do Grupo Itaiacoca. Apesar de sua relevância econômica e petrológica, são raros os trabalhos publicados sobre o tema.

As características físicas e químicas das inclusões fluidas foram determinadas por microtermometria. A integração dos dados com informações petrográficas e geológicas de

campo permitiu a proposição de um modelo evolutivo de fluidos em relação às etapas de cristalização dos minerais hospedeiros, no âmbito dos processos metamórficos identificados na região.

3. Materiais e métodos

Inclusões fluidas foram estudadas em seções bipolidas, no Laboratório de Inclusões Fluidas do Departamento de Mineralogia e Geotectônica da Universidade de São Paulo. Foi utilizada uma platina de aquecimento e resfriamento LINKAM MDS 600, com *software* de controle de temperatura e coleta de dados LINKSYS 32, acoplada a microscópio Olympus BX-51, com câmera digital Olympus E330 e monitor de imagens SONY. A calibração é realizada por meio dos padrões SYN FLINC (Synthetic Fluid Inclusions) para as seguintes temperaturas:

- -56,6°C – Padrão 1: composição 75 mol% de H₂O e 25mol% de CO₂.
- -21,2°C – Padrão 2: composição eutética do sistema H₂O+NaCl, com 23,2% em peso de NaCl
- -10,7°C – Padrão 3: composição eutética do sistema H₂O+KCl, com 19,6% em peso de KCl.
- 0,0°C e 374,1°C: Padrão 4: Água pura (ponto triplo e ponto crítico, respectivamente).
- 573,0°C – Padrão 5: transição do quartzo α para quartzo β .

Foram adotados os critérios petrográficos de Roedder (1984) para a distinção das inclusões primárias, secundárias e pseudossecundárias. Devido à ocorrência de efeitos de metaestabilidade, as temperaturas de mudanças de fase durante o congelamento das inclusões podem ser bem menores que as reais. Sendo assim, todas as temperaturas foram registradas sob taxas lentas de aquecimento, a partir de temperaturas negativas até a temperatura ambiente.

Os cálculos das propriedades físicas e químicas dos fluidos foram efetuados através dos pacotes de *softwares* FLUIDS e CHLATTRATES (Bakker, 1997, 2003).

4. Localização e acessos

A área de estudo está localizada a nordeste de Ponta Grossa, Paraná, incluindo os municípios de Abapã, Socavão e Itaiacoca. O trajeto de São Paulo até Ponta Grossa pode ser feito através da Rodovia Régis Bittencourt (BR-116) até Curitiba, e em seguida pela

Rodovia do Café (BR-376) até Ponta Grossa. Outra possibilidade é sair de São Paulo pela Rodovia Castello Branco (SP-280) e seguir até Sorocaba (SP), depois seguir a sul, com destino a Itapeva, Itararé e Castro, e chegar a Ponta Grossa pela rodovia PR-151. Encontra-se destacado, na figura 1, o segundo trajeto.

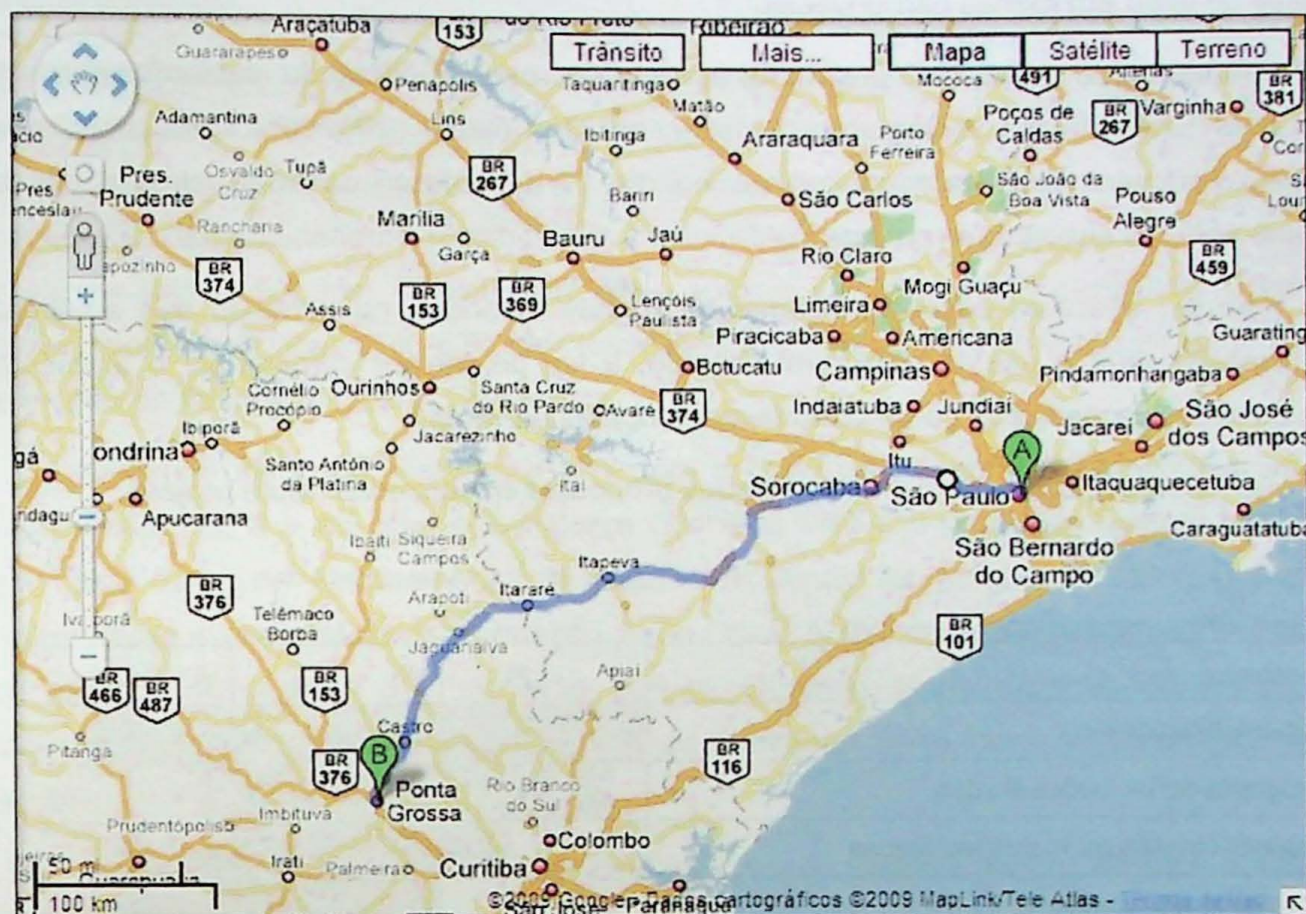


Figura 1: mapa de localização e acesso à área de estudo (Fonte: <http://maps.google.com>).

5. Desenvolvimento do trabalho

O presente trabalho teve como foco principal a petrografia e microtermometria de inclusões fluidas. Inicialmente foi feito o estudo petrográfico de diversas seções bipolidas de interesse, a fim de encontrar campos com inclusões fluidas em número e tamanho adequados para análise microtermométrica, bem como analisar sua distribuição e origem, distinguindo as primárias das secundárias e pseudossecundárias. A estes temas foi reservada grande parte do tempo disponível, devido à já sabida demora inerente ao método. Ainda assim, foi obtida uma quantidade considerável de dados: foi realizado o resfriamento em 180 inclusões, sendo que em 87 delas foi registrada também a temperatura de homogeneização total, durante o aquecimento. Todos os dados microtermométricos, bem como os parâmetros físicos e químicos obtidos a partir deles estão listados em anexo ao final desta monografia.

O tratamento dos dados foi realizado utilizando-se os pacotes de *softwares* de Bakker (1997, 2003). Posteriormente, foram confeccionados diagramas correlacionando os dados obtidos para melhor visualização dos resultados. Durante praticamente todo o período deste trabalho, foi feita pesquisa bibliográfica, essencialmente sobre tratamento e interpretação dos dados microtermométricos e acerca de trabalhos semelhantes voltados à gênese de talco em rochas carbonáticas.

Ainda como parte deste projeto foi enviado um resumo, contendo resultados parciais, para o XI Simpósio de Geologia do Sudeste, em São Pedro (SP), com apresentação do trabalho no evento, em forma de painel, no dia 17 de outubro de 2009. Uma cópia do resumo enviado encontra-se no Anexo A.

Foram descritas seções delgadas de rochas inseridas no contexto das amostras selecionadas para o estudo microtermométrico, a fim de melhor caracterizar o ambiente, com ênfase nas condições de metamorfismo atingidas na região.

O quadro 1 abaixo ilustra as atividades propostas e realizadas neste projeto.

Quadro 1. Cronograma de atividades

Bimestres	1º	2º	3º	4º	5º	6º
Pesquisa bibliográfica	√ √ √	√ √ √	√ √ √	√ √ √	√ √ √	√
Petrografia de inclusões fluidas	√ √	√ √ √	√ √ √	√	√ √	
Microtermometria de inclusões fluidas		√ √	√ √ √	√	√ √ √	
Tratamento dos dados			√ √ √	√	√ √ √	
Confecção do relatório de Progresso				√ √		
Confecção de resumo e painel – XI Simpósio de Geologia do Sudeste					√ √	
Petrografia de seções delgadas de rocha					√ √	
Integração dos dados e confecção da monografia					√ √	√ √ √

Legenda:

Atividade realizada	√
Atividade proposta no projeto original	

6. Revisão bibliográfica

6.1. Contexto geológico

O Grupo Itaiacoca situa-se numa faixa alongada segundo N40E, entre o sul do Estado de São Paulo (Município de Itapeva) e o Paraná (Município de Itaiacoca) (Fig. 2), e é

composto por um pacote de rochas metamórficas de baixo grau e ígneas meso- a neoproterozoicas. Sua unidade inferior é composta por um pacote de metarenitos e metarcóseos, com metavulcânicas intercaladas. Logo acima ocorre um pacote metapelítico com intercalação de quartzitos. O pacote superior é composto por metadolomitos e mármore dolomíticos, estes com intercalações de rochas metabásicas, filitos e metacarbonáticas.

Siga Junior *et al.* (2009), a partir de datações U/Pb em zircões de metabásicas intercaladas aos carbonatos, atribuíram idades meso a neoproterozoicas (1090 a 908 Ma) para este pacote inferior, o qual foi denominado Sequência Itaiacoca, relacionando-o, assim, à quebra do supercontinente Rodínia. Em datações U/Pb em metavulcânicas intercaladas ao pacote pelítico superior, denominado pelos autores de Sequência Abapã, foram obtidas idades neoproterozoicas (645-628 Ma), associando a deposição desse pacote sedimentar ao evento de amalgamação do Gondwana.

O Grupo Itaiacoca limita-se a NW com o Complexo Granítico Cunhaporanga, em contato intrusivo, e a SE com o Complexo Granítico Três Córregos, em contato tectônico dado pela Zona de Cisalhamento de Itapirapuã. Ainda na porção SE afloram rochas metamórficas supracrustais da Formação Água Clara. A SW o Grupo Itaiacoca é recoberto por arenitos devonianos da Formação Furnas. Ocorrem ainda dezenas de diques de diabásio mesozoicos, de orientação NW-SE, da Formação Serra Geral, cortando todo esse pacote.

As maiores reservas de talco do País ocorrem no Grupo Itaiacoca (DNPM, 2008). O modelo adotado neste trabalho para a formação do talco é o de interação de fluidos aquosos ricos em sílica com os metadolomitos, proposto por Szabó *et al.*, 2006, embora sejam mencionados outros modelos na literatura. Sobanski *et al.*, (1984) relacionam a origem do talco a outros eventos como metamorfismo de contato com os diques de diabásio. Outros autores, como Lima (1997) consideraram dois eventos geradores de talco: uma geração anterior relacionada a falhas de cavalgamento, durante o metamorfismo regional, e uma segunda geração associada à atividade hidrotermal em falhas transcorrentes. Outra hipótese discutida é a origem do talco a partir do metamorfismo e percolação de fluidos em falhas de cavalgamento e fraturas plano-axiais a dobras abertas, subverticais, além de retrabalhamento e concentração superficial do talco metamórfico (relatório DNPM-MINEROPAR, 1999).

Pelo menos quatro eventos metamórficos afetaram o Grupo Itaiacoca, sendo eles:

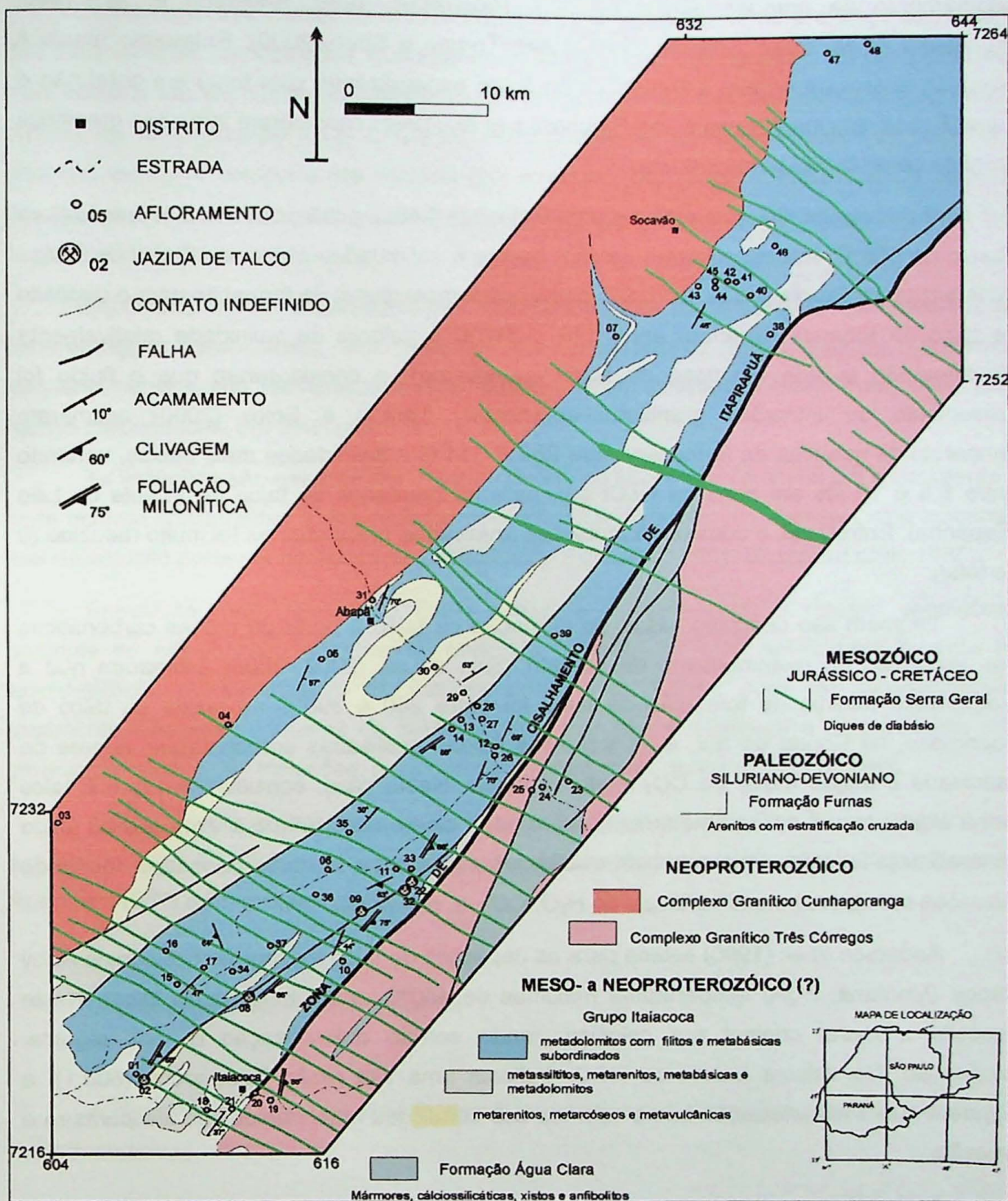
a) metamorfismo regional de baixo grau;

b) metamorfismo termal – contato com o Complexo Granítico Cunhaporanga;

c)metamorfismo dinâmico e hidrotermal, associado à Zona de Cisalhamento de Itapirapuã e suas ramificações;

d)metamorfismo termal, no contato com os diques de diabásio.

As mais importantes jazidas da região estão relacionadas ao terceiro evento citado, e são compostas por talco xistos em zonas de cisalhamento. Ocorrem ainda quantidades subordinadas de talco maciço fino em planos de descontinuidade, nas periferias das zonas de cisalhamento e talco retrometamórfico, cristalizado a partir de tremolita, na auréola do metamorfismo de contato com o Granito Cunhaporanga. Não foi observada a ocorrência talco associado ao metamorfismo regional, nem na auréola de contato com os diques de diabásio.



6.2. Trabalhos relacionados

Jazidas de talco formadas a partir de metassomatismo em rochas carbonáticas são comuns em todo o mundo, sendo a maioria relativa a rochas dolomíticas, ou originalmente

calcíticas que sofreram dolomitização antes da talcificação, associadas a zonas de cisalhamento de grandes extensões (e.g. Prochaska, 1989; Anderson *et al.*, 1990; Prochaska *et al.*, 1992; Schärer *et al.*, 1999; Tornos e Spiro, 2000). Entretanto pouco é discutido acerca da origem e condições do fluido mineralizante, cuja fonte em geral não é especificada. Alguns autores como Prochaska *et al.* (1992) consideram intrusões graníticas vizinhas como fontes para os fluidos.

Os dados de isótopos estáveis e de inclusões fluidas publicados indicam temperatura abaixo de 500°C, frações molares de CO₂ baixas e salinidades muito variáveis nos fluidos mineralizantes. Prochaska *et al.* (1992) obtiveram temperaturas de formação para o depósito de talco de Kibanda (Ruanda) entre 170 e 310°C e valores de salinidade relativamente elevados (30 a 38% em peso de NaCl equivalente), e consideraram que o fluido foi proveniente de intrusões graníticas adjacentes. Tornos e Spiro (2000) estimaram temperaturas mínimas de formação entre 282 e 314°C e salinidades mais baixas, variando entre 9,5 e 10,3% em peso de NaCl eq., para os depósitos de talco de Puebla de Lillo (Espanha). Entretanto, o número de inclusões analisadas pelos autores foi muito reduzido (9 no total).

Também são descritos casos de formação de talco a partir de rochas carbonáticas em ambientes de metamorfismo de contato. Shin e Lee (2002, 2006) estimaram que a temperatura mínima de formação de talco foi entre 260 e 390°C na jazida de talco de Poongjean, na Coreia do Sul, e as inclusões fluidas analisadas apresentaram valores de salinidade e fração molar de CO₂ muito variáveis. Neste caso, consideraram que o talco tenha sido formado no retrometamorfismo, a partir de tremolita e que a evolução do fluido mineralizante foi algo complexa, com evidências de *boiling* e misturas de fluidos, formando inclusões com teores muito variáveis de H₂O, CO₂, e, por vezes, CH₄.

Anderson *et al.* (1990) estima para os depósitos de talco mesoproterozoicos de Ruby Range (Montana, EUA) temperaturas máximas de 450°C, a um máximo de 2kbar. Neste depósito a rocha original era calcítica, tendo sofrido dolomitização e, em seguida, talcificação. Os valores baixos de XCO₂ indicam uma alta razão fluido:rocha (600:1), e sugerem que a mineralização tenha ocorrido sob condições mais brandas de temperatura e pressão.

Assim, fica evidente que fluidos de características consideravelmente distintas podem reagir com rochas carbonáticas para a formação do talco, em ambientes geológicos variados, com registros destas ocorrências em diferentes épocas. Entretanto, este quadro também é sugestivo de que essa grande variabilidade é função também da escassez de dados. Um número maior de análises, em contextos geológicos bem definidos, poderá restringir estes intervalos aparentemente caóticos de variação.

6.3. Inclusões fluidas: conceitos básicos

A formação das rochas da crosta terrestre geralmente ocorre na presença de fluidos das mais variadas composições, que interagem na formação dos minerais. As composições mais comuns são de fluidos aquosos com teores variáveis de sais (NaCl, KCl, CaCl₂, entre outros), ou compostos por CO₂, CH₄ e S₂, entre outros, ou ainda associações de soluções aquosas salinas e componentes voláteis (por exemplo, fluidos aquocarbônicos). A origem dos fluidos pode ser das mais variadas: meteórica, magmática, metamórfica, hidrotermal ou ainda combinações entre estes tipos.

Os fluidos são de importância fundamental na geração de depósitos hidrotermais e mineralizações associadas; em reações de desidratação (metamórficas), atuando frequentemente como catalisadores das reações, e em processos envolvendo CO₂, em rochas carbonáticas, por exemplo.

As inclusões são geradas por irregularidades na superfície do cristal em crescimento, onde ficaram aprisionadas gotas do fluido presente. Sendo assim representam uma amostra real da solução presente na época de cristalização (Roedder, 1984; Shepherd *et al*, 1985).

Entretanto, nem sempre o fluido presente é representativo dessas condições originais de cristalização do mineral, podendo também ter sido aprisionado durante a recristalização ou cicatrização de fraturas posteriores. Assim, pode ter características totalmente diferentes daquelas do fluido original. Por isso é essencial a determinação da cronologia relativa das inclusões, para que se possam obter dados mais confiáveis.

Abaixo é apresentada uma breve introdução sobre os conceitos básicos acerca do estudo de inclusões fluidas. Discussões mais aprofundadas podem ser encontradas em Roedder (1984) e Sheperd *et al.* (1985).

Classificação das inclusões fluidas

A classificação das inclusões fluidas é feita com base em vários aspectos, sendo os mais importantes:

Quanto à origem:

- *Inclusões primárias:* são aquelas formadas durante a cristalização do mineral; o fluido aprisionado é, portanto, aquele que interagiu no processo geológico em que se formou

o mineral. Conforme discute Roedder (1984), petrograficamente elas ocorrem de maneira isolada, como agrupamentos de inclusões não-orientadas, ou segundo as faces de crescimento do mineral hospedeiro.

- *Inclusões secundárias*: são aprisionadas durante a cicatrização de fraturas posteriores à cristalização do mineral hospedeiro, podendo conter, portanto, fluidos de composição totalmente distinta daquela das inclusões primárias. Geralmente formam grandes alinhamentos de inclusões, cortando vários cristais.

- *Inclusões pseudossecundárias*: são aprisionadas pela cicatrização de fraturas contemporâneas ao crescimento do mineral, contendo, portanto, o fluido original, ou alguma etapa de evolução do mesmo. Dispõem-se em alinhamentos internos a um mesmo cristal.

Quanto à composição

De acordo com Roedder (1984), as inclusões fluidas possuem, tipicamente, um líquido de baixa viscosidade (geralmente água), com um ou mais íons em solução (por exemplo, Na, K, Mg, Ca, Cl) além de uma bolha de vapor d'água ou um gás comprimido, freqüentemente CO₂. Podem estar presentes, ainda, fases sólidas, ou ocasionais, quando já estavam presentes no aprisionamento, ou representativas de minerais de saturação do fluido original.

Quanto ao número de fases presentes (à temperatura ambiente)

- *Monofásicas*: apresentam uma única fase à temperatura ambiente (líquido, vapor ou gás), ex: H₂O (l); CO₂ (l).

- *Bifásicas*: apresentam, à temperatura ambiente, duas fases: líquido e gás; líquido e sólido; dois líquidos imiscíveis. Ex: H₂O (l+v); H₂O (l) + CO₂ (l).

- *Trifásicas*: apresentam três fases à temperatura ambiente. As mais comuns possuem dois líquidos (imiscíveis entre si) e um gás, sendo o principal exemplo H₂O (l) + CO₂ (l) + CO₂ (g). Podem ainda ocorrer inclusões de líquido, vapor e sólido; líquido, gás e sólido.

- *Multifásicas*: apresentam mais de três fases à temperatura ambiente. Exemplo: H₂O (l) + CO₂ (l) + CO₂ (g) + NaCl (s).

Modificações posteriores ao aprisionamento

A principal modificação que ocorre em uma inclusão após seu aprisionamento é o aparecimento de uma fase de vapor, fenômeno que ocorre pela maior contração do líquido em relação ao mineral hospedeiro, devido ao resfriamento (Sorby, 1858). Assim, o fluido antes homogêneo passa a conter duas fases. Em inclusões que aprisionam fluidos muito salinos, o resfriamento até a temperatura ambiente leva à cristalização de sólidos (sais) de saturação. Além disso, também é possível a ocorrência de fenômenos que alteram as características do fluido original. Os mais comuns são o escape de fluidos, devido a grandes diferenças de pressão interna e externa às inclusões. Este processo gera, muitas vezes, microfraturas em volta da inclusão original, que podem ser cicatrizadas, formando novas inclusões (secundárias). Se a diferença de pressão for muito elevada pode ocorrer a crepitação da inclusão (explosão).

O estrangulamento (ou *necking down*) ocorre geralmente em inclusões grandes e alongadas, provocado por dissolução e recristalização do mineral hospedeiro. São geradas assim inclusões menores, geralmente de formas mais regulares. Quando o estrangulamento é posterior ao aparecimento da bolha de gás ou vapor, são geradas inclusões com diferentes proporções volumétricas entre as fases, e, portanto com características distintas daquelas do fluido original (Roedder 1984).

Temperaturas de transição

As temperaturas que são registradas durante a microtermometria e que fornecem dados relativos à composição e condições de formação das inclusões fluidas e seus minerais hospedeiros são as seguintes:

Temperaturas de fusão (Tf): permitem a determinação da composição dos fluidos e sua salinidade. Para os componentes mais comuns, H₂O e CO₂, puros, temos:

T_{fg}: 0°C (na verdade, 0,015°C). Esta temperatura é marcada quando termina a fusão do gelo, ou seja, quando desaparece o último cristal de gelo na inclusão.

T_{fCO₂}: -56,6°C (ponto triplo). A bolha de CO₂ que, com o congelamento, se encontrava deformada pela presença das fases sólida e gasosa, volta à forma original, arredondada.

No caso destes componentes não ocorrerem puros, há uma diminuição de temperatura de fusão. Por exemplo, no caso de água com sais dissolvidos, é possível determinar a salinidade (geralmente expressa como equivalente à % em peso de NaCl), de

acordo com a temperatura de fusão, e comparação com diagramas de fase de sistemas estudados experimentalmente. Para o CO_2 isso também é válido, já que quando se encontra associado a outros componentes, como CH_4 , a fusão ocorre abaixo de $-56,6^\circ\text{C}$, e há um intervalo entre o início e o fim da fusão total, que é proporcional à quantidade do componente associado (ou seja, a pureza da fase CO_2 é menor), enquanto que para o CO_2 puro a fusão é instantânea.

Temperatura do ponto eutético (T_e): é a temperatura na qual se inicia a fusão da solução aquosa salina congelada. Esta temperatura indica os possíveis íons presentes na solução, mas o seu teor, como já foi discutido, é fornecido pela Tfg.

A medida do T_e é efetuada quando se observa o início da fusão do gelo, como uma sutil mudança na textura da inclusão.

Temperatura de homogeneização do CO_2 ($T_{h\text{CO}_2}$): pode ocorrer desde $-56,6^\circ\text{C}$ (ponto triplo do CO_2 puro) até $+31,1^\circ\text{C}$, (ponto crítico do CO_2 puro). Permite determinar a densidade do CO_2 na inclusão. A homogeneização pode ocorrer:

a) para o estado líquido: a bolha de gás diminui até desaparecer.

b) para o estado gasoso: a bolha de gás aumenta até ocupar toda a extensão da fase de CO_2 líquido.

c) para o estado crítico: desaparecimento gradual do limite entre a bolha de gás e o líquido, sem mudança de volume da bolha de gás.

Temperatura de fusão do clatrato (T_{cl}): o clatrato é uma rede cristalina de gelo que forma “gaiolas” que aprisionam moléculas de gases (CO_2). Sua fórmula é $\text{CO}_2 \cdot 5,75\text{H}_2\text{O}$. Caso haja a formação desse componente, a temperatura de fusão do gelo forneceria salinidades superiores às reais, uma vez que os íons dissolvidos na solução aquosa não participam do composto clatrato. Nesses casos os valores corretos de salinidades devem ser obtidos a partir das temperaturas de fusão dos clatratos utilizando-se de diagramas de fase do sistema $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{NaCl}$, como discute Collins (1979). e Diamond, 1992.

Petrograficamente é possível determinar a formação de clatrato quando a bolha de CO_2 fica levemente deformada após a fusão do gelo. A temperatura de fusão do clatrato é marcada quando a bolha volta ao seu formato arredondado original. Como nem sempre é fácil observar a deformação da bolha de CO_2 , muitas vezes é necessário realizar o resfriamento cíclico conforme descreve Goldstein & Reynolds (1994).

Temperatura de homogeneização total (T_{htotal}): É a temperatura na qual a inclusão fica com uma única fase.

A exemplo do que ocorre na homogeneização do CO₂, a homogeneização total de inclusões aquocarbônicas pode se dar de três modos:

a) a bolha interna diminui, ou seja, há contração da fase CO₂.

b) a bolha interna aumenta, ou seja, há expansão da fase CO₂.

c) os limites da bolha interna desaparecem gradualmente sem alteração de seu volume: homogeneização crítica.

d) caso a inclusão possua um sólido, a homogeneização pode se dar pela sua dissolução, se esta ocorrer após a homogeneização da fase fluida. Nesse caso, é a temperatura de dissolução do sólido que fornecerá a salinidade da inclusão.

A T_{htotal} , juntamente com os dados obtidos na etapa de resfriamento da inclusão, permite a determinação da densidade do fluido, das frações molares dos componentes e das condições mínimas de temperatura e pressão de aprisionamento quando este ocorre a partir de um sistema homogêneo. No caso de aprisionamento de um sistema de fluidos originalmente imiscível, podem ser obtidas condições de P e T próximas às reais.

A determinação das características físico-químicas dos fluidos (composição, densidade, salinidade, P e T) a partir de dados microtermométricos, é realizada utilizando-se de equações de estado e diagramas de equilíbrio de sistemas estudados experimentalmente e, portanto, com parâmetros P, V, T e X (pressão, volume, temperatura e composição) conhecidos. Esses diagramas e sistemas experimentais são discutidos por Roedder (1994) e Shepherd *et al.* (1985), entre outros.

6.4. Trabalhos anteriores: inclusões fluidas no Grupo Itaiacoca

-Inclusões fluidas em minerais nas zonas de cisalhamento

Dados de inclusões fluidas em minerais relacionados às jazidas e ocorrências de talco no Grupo Itaiacoca já foram publicados recentemente, contemplando inclusive resultados parciais obtidos durante o presente trabalho. Andrade (2008) e Saunite *et al.* (2009) apresentam dados de inclusões fluidas em veios de calcita presentes em talco xistos, localizados na zona de cisalhamento de Itapirapuã (amostra PTI 02AI). As inclusões primárias são essencialmente aquosas, de baixas salinidades (até 5% em peso de NaCl eq.), com temperaturas do ponto eutético das soluções próximas a -45°C, sugestivas da presença de íons bivalentes (Ca²⁺) dissolvidos na água. As medidas de T_{htotal} se concentraram próximo a 220°C, que são as temperaturas mínimas de aprisionamento.

Inclusões secundárias, dispostas em planos de fraturas cicatrizadas, apresentam salinidade, em geral, um pouco mais baixa (0 a 3% em peso de NaCl eq.), o mesmo ocorrendo com T_{htotal} , sendo que estas medidas se concentraram em torno de 130°C. Essa faixa de temperatura foi obtida também em algumas das inclusões primárias, indicando que estas sofreram re-equilíbrios com o fluido posterior mais frio, cujo registro encontra-se nas inclusões secundárias (Fig. 3).

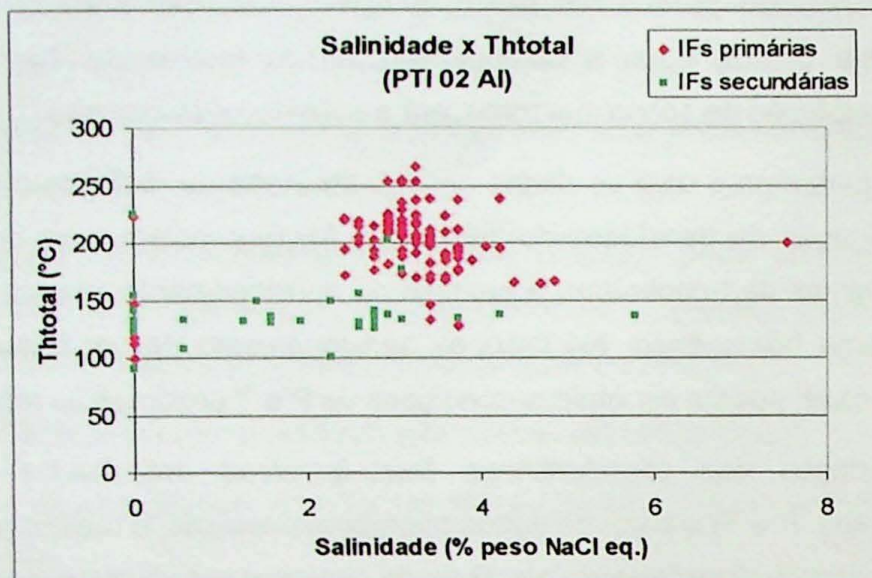


Figura 3: T_{htotal} versus salinidade em inclusões fluidas primárias e secundárias da amostra PTI 02AI (veios de calcita em talco xistos em zona de cisalhamento). Ocorrem inclusões primárias com características semelhantes às secundárias, com baixas salinidades e T_{htotal} , sugerindo re-equilíbrios do fluido mais antigo com esse posterior, mais frio. (modificado de Andrade, 2008).

Na zona de cisalhamento, a razão fluido:rocha foi possivelmente muito elevada, possibilitando a diluição e transporte do CO_2 gerado pelas reações metamórficas de quebra da dolomita para formação do talco, conforme discutem Szabó *et al.* (2006), o que explica a ausência deste componente nessas inclusões.

-Inclusões fluidas em minerais na auréola de contato com o Granito Cunhaporanga

Andrade (2008) apresentou resultados de estudos de inclusões fluidas presentes em quartzo de veios preenchendo fraturas, na auréola de contato do Grupo Itaiacoca com o Complexo Granítico Cunhaporanga.

Essas inclusões apresentaram características bem distintas daquelas das zonas de cisalhamento. São geralmente carbônicas, ocorrendo subordinadamente inclusões aquocarbônicas, com proporções variáveis entre as fases, porém sem indicativos da

ocorrência de processos de imiscibilidade. Várias inclusões apresentam relação direta entre densidade e o volume do CO₂, o que é sugestivo de modificações por escape seletivo de água.

As temperaturas de homogeneização total obtidas são relativamente elevadas, com concentração ao redor de 380 a 400°C. Porém as isócoras calculadas para essas inclusões não são compatíveis com dados de geobarométricos de Guimarães (2000), que sugerem que a colocação do batólito granítico se deu a cerca 3000bar. Considerando-se temperaturas de cerca de 500°C estimadas por X_{Mg} em calcita (Andrade, 2008), observa-se um espalhamento das isócoras com projeções tanto para pressões mais baixas como para mais elevadas, sugerindo a ocorrência de re-equilíbrios.

7. Resultados

É apresentada neste tópico uma descrição detalhada dos resultados obtidos pela microtermometria de inclusões fluidas, durante este projeto. Foram selecionadas amostras associadas a dois tipos de ocorrência de talco: uma amostra (PTI 55D) de um núcleo de quartzo presente em um leito de talco, na periferia da zona de cisalhamento de Itapirapuã; e duas amostras (PTI 22BG e PTI 22CJ) de quartzo de veios que cortam talco xistos, presentes em um mesmo afloramento (PTI 22), situado em uma ramificação da zona de cisalhamento.

A tabela 1 apresenta uma breve descrição das amostras selecionadas para o estudo microtermométrico no âmbito deste projeto, bem como dados já discutidos em trabalhos anteriores (Andrade, 2008) e Saunite *et al.*, 2009). Na tabela 2 são apresentados os resultados obtidos pela microtermometria para as inclusões fluidas dessas amostras de inclusões fluidas nas diversas amostras estudadas durante este projeto.

Inicialmente, uma breve descrição petrográfica de algumas lâminas selecionadas desses afloramentos será apresentada a seguir:

Tabela 1: resumo das amostras estudadas e os respectivos contextos geológicos em que se inserem.
(*:Andrade (2008), **:Saunite *et al.* (2009)).

Amostra	situação geológica	modo de ocorrência do talco associado	tipo de inclusões	n° de dados
PTI 55D	periferia da zona de cisalhamento transcorrente	filmes de talco em descontinuidades estruturais	aquocarbônicas	128
PTI 22BG	zona de cisalhamento transcorrente	talco xistos	aquosas	8
PTI 22CJ	zona de cisalhamento transcorrente	talco xistos	aquosas	11
*,** PTI 02AI	zona de cisalhamento transcorrente	talco xistos	aquosas	146 primárias e 58 secundárias
*PTI 43C	auréola de contato com o Complexo Granítico Cunhaporanga	talco maciço fino, não deformado	carbônicas	44
*PTI 05b	auréola de contato com o Complexo Granítico Cunhaporanga	talco maciço fino, não deformado	aquosas, aquocarbônicas e carbônicas	65

Tabela 2: resumo dos dados obtidos e parâmetros calculados por meio das equações de estado incluídas nos pacotes de *softwares* de Bakker (1997, 2003). *Andrade (2008); **Saunite *et al.* (2009).

Amostra	PTI 55D	PTI 22BG	PTI 22CJ	***PTI 02 AI	*PTI 05b	*PTI 43C
Situação geológica	(periferia da zona de cisalhamento)	(zona de cisalhamento)	(zona de cisalhamento)	(zona de cisalhamento)	(auréola de contato com granito)	(auréola de contato com granito)
TfCO ₂ (°C)	-58,2 a -56,8	---	---	---	-58,9 a -57,1	-60,4 a -57,4
Tcl (°C)	7,7 a 10,0	---	---	---	-12,1 a +9,9	-10,3 a +9,4
Te (°C)	---	-53,0 a -48,0	-24,8 a -13,0	---	-46,1 a -38,5	-53,4 a -43,9
Tfg (°C)	---	-11,1 a -7,3	-1,4 a -0,9	-4,5 a -0,5	-10,3 a -2,4	-12,0 a -4,7
ThCO ₂ (°C)	-3,2 a 15,7 (g); 28,7 a 31,0 (L)	---	---	---	9,5 a 31,0 (g) e 13,9 a 30,9 (L)	+27,2 a +29,4(g) e -21 a +27,8 (L)
Thtotal (°C)	197,8 a 425,4	105,1 a 149,5	118,9 a 181,9	80 a 270	373,0 a 450,1 (CO ₂)	130 a 574,1
VCO ₂ /Vtotal	60 a 95	---	---	---	60 a 80	0 a 100
Vvapor/Vtotal	---	~10	~10	---	0 a 100	0 a 100
Salinidade (% peso NaCl eq.)	0 a 4,2	10,6 a 14,6	1,5 a 3,0	0,5 a 4,5	~0 a 29,0	0,8 a 12,9
XH ₂ O	0,18 a 0,82	0,90 a 0,93	0,92 a 0,99	0,95 a 1,0	0 a 0,94	0 a 0,95
XCO ₂	0,17 a 0,81	0	0	0	0 a 1,0	0 a 1
dtotal (g/cm ³)	0,13 a 0,75	0,98 a 1,04	0,90 a 0,93	0,71 a 0,97	0,23 a 0,98	0,2 a 1,0
dCO ₂ (g/cm ³)	0,11 a 0,62	---	---	---	0,13 a 0,83	0,2 a 1,0

7.1. Periferia das zonas de cisalhamento transcorrente

7.1.1. Aspectos petrográficos

O estudo petrográfico de amostras da periferia das zonas de cisalhamento permitiu a observação da talcificação incipiente dos metadolomitos, que se deu geralmente em planos milimétricos a centimétricos, tanto sub-paralelos como discordantes ao acamamento. Estes planos são compostos por talco muito fino nas bordas e calcita de granulação grossa no núcleo. Foi observada a presença de microfraturas em maior ou menor frequência, que serviram como os canais de percolação dos fluidos.

Porções não talcificadas do metadolomito têm granulação fina, textura granoblástica e apresentam tênue foliação, interpretada como sendo paralela à S_0 . Foi observado também o mesmo padrão de microfraturas, via de regra cortando a foliação principal da rocha, quase que ortogonalmente.

7.1.2. *Inclusões fluidas*

Foi estudada uma amostra de um núcleo de quartzo presente em leitos de talco, associado às ocorrências de talco em descontinuidades estruturais no metadolomito (amostra PTI 55D).

Nesta amostra ocorrem diversas gerações de fraturas cicatrizadas contendo inclusões fluidas secundárias de pequenas dimensões, as quais não foram consideradas neste estudo. Foram selecionados para as medidas microtermométricas seis campos desta amostra contendo inclusões fluidas primárias, segundo os critérios de Roedder (1984), e de dimensões próprias para análise.

As inclusões estudadas possuem formas variando desde irregulares até cristais negativos. Suas dimensões situam-se entre $20\mu\text{m}$ e $50\mu\text{m}$, aproximadamente. São compostas essencialmente por soluções aquosas de baixa salinidade e proporções variáveis de CO_2 , apresentando significativa variação na razão $V_{\text{CO}_2}/V_{\text{total}}$. À temperatura ambiente ($\sim 25^\circ\text{C}$), são trifásicas ($\text{H}_2\text{O}_{(\text{liq.})} + \text{CO}_{2(\text{liq.})} + \text{CO}_{2(\text{vapor})}$), com volume da fase volátil (essencialmente CO_2) variando de 60 até 95% do volume total da inclusão (Fig. 4).

Os valores de $T_f\text{CO}_2$ obtidos para essas inclusões variam de $-58,2$ a $-56,6^\circ\text{C}$ (Fig. 5). Conforme mostrado na figura 6, essas inclusões apresentam de modo geral uma pequena variação nas $T_h\text{CO}_2$ ($29,1$ a $30,9^\circ\text{C}$), se dando quase sempre para o estado líquido, à exceção de em um dos campos da amostra PTI 55D (denominado campo *B-1-A*), em que a homogeneização ocorre num amplo intervalo de temperaturas (de $-3,2$ a $+15,7^\circ\text{C}$), sempre para o estado gasoso.

Os dados completos obtidos pela microtermometria encontram-se no Anexo B.

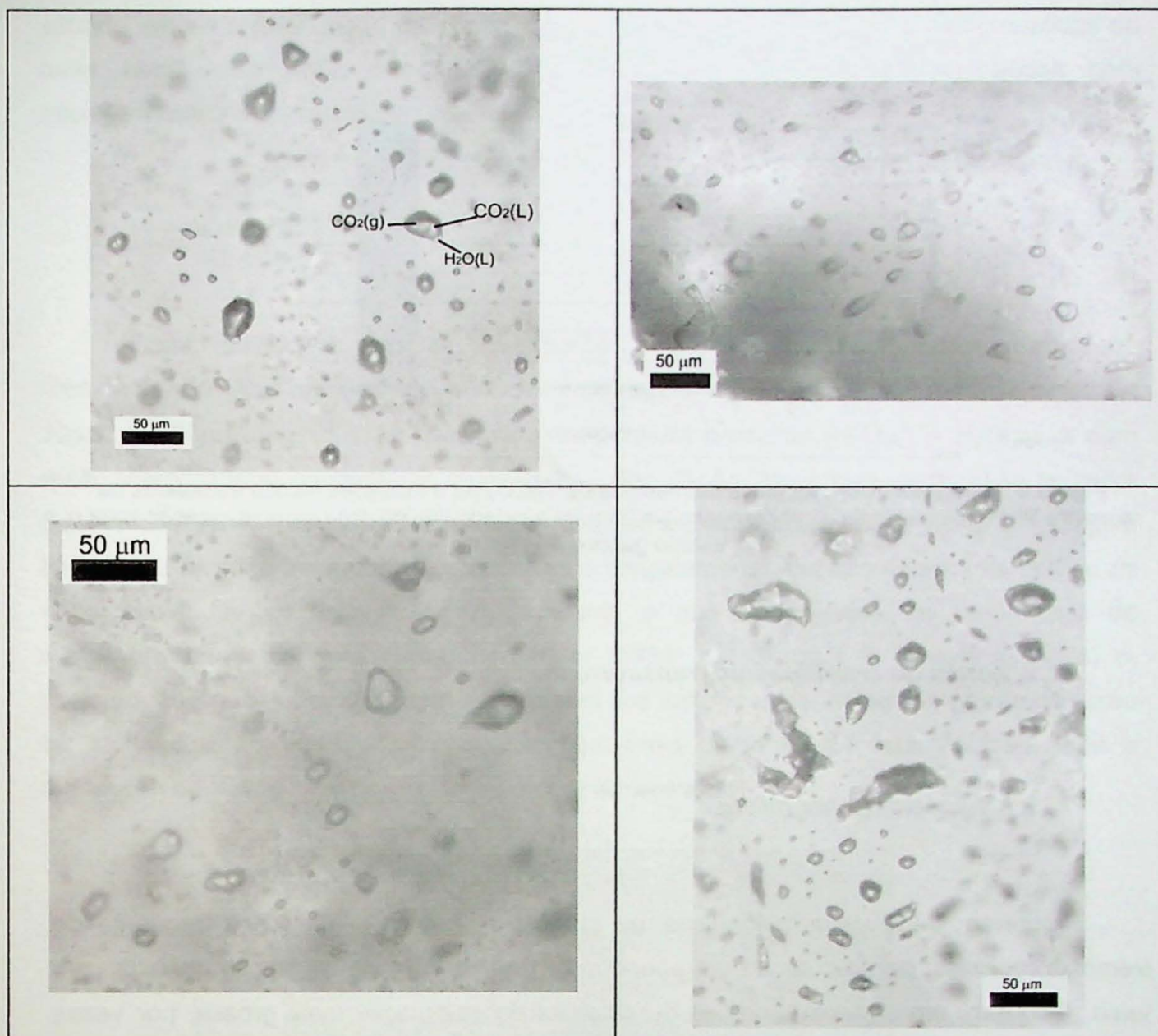


Figura 4: fotomicrografias ilustrando inclusões fluidas primárias de diversos campos estudados na amostra PTI 55D (núcleo de quartzo em leito de talco, nas periferias das zonas de cisalhamento). Observar as altas razões V_{CO_2}/V_{total} , com pequena variação.

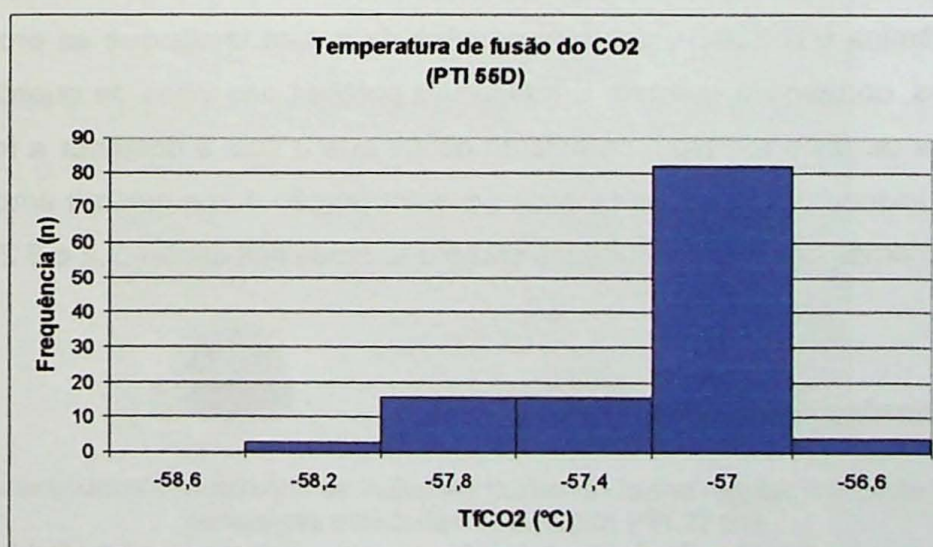


Figura 5: histograma de frequência de medidas de Tf_{CO_2} para inclusões da amostra PTI 55D. (n=121)

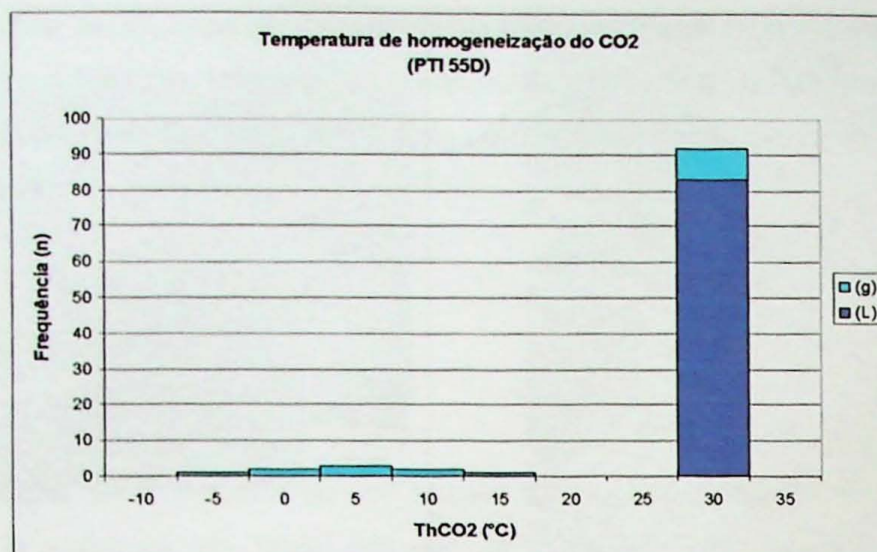


Figura 6: histograma de frequência de medidas de ThCO₂ para inclusões fluidas estudadas na amostra PTI 55D. Legenda: (L) homogeneização para o estado líquido; (g) homogeneização para o estado gasoso. (n=101)

7.2. Zonas de cisalhamento transcorrente

7.2.1. Aspectos petrográficos

Ocorrem talco xistos miloníticos, de granulação fina, com presença frequente de tremolita, acicular, de granulação um pouco mais grossa, paralela à foliação definida pelo talco. Ocorrem, em algumas porções de dolomita de granulação mais grossa, por vezes definindo sigmoides. A presença de tremolita em alguns locais indica a temperatura máxima de temperatura atingida nesse contexto.

Em uma seção delgada de uma amostra de veio de quartzo que corta o metadolomito (lâmina PTI 22BG), ocorrem porções de calcita tardia que se prolongam em veios muito finos, cortando o quartzo. Em algumas porções dos veios de quartzo, ocorrem pequenas placas de talco inclusas, permitindo definir que o veio é posterior à formação do talco. Foi confeccionada uma seção bipolarizada de outra porção desta mesma amostra para o estudo microtermométrico, cujos resultados serão discutidos nos itens 7.2.2 e 8.2.

7.2.2. Inclusões fluidas

Neste contexto de ocorrência de talco foram estudadas inclusões fluidas em duas amostras de quartzo de veios de preenchimento de fraturas, em um afloramento (PTI 22)

situado em uma ramificação da zona de cisalhamento de Itapirapuã. As características de cada uma delas estão relacionadas a seguir. Os dados completos obtidos pela microtermometria encontram-se no Anexo A.

-Amostra PTI 22 BG

Foram estudadas no total 35 inclusões fluidas distribuídas em dois campos da mesma seção. As inclusões apresentam forma regular e dimensões variando de cerca de 10 μ m até 30 μ m (Fig. 7). São bifásicas à temperatura ambiente ($H_2O_{(liq.)} + H_2O_{(vapor)}$), com razão V_{vapor}/V_{total} constante ao redor de 10% (Fig. 7). As T_{fg} obtidas situaram-se ao redor de -11°C (Fig. 8). As T_e apresentaram valores sempre próximas a -50°C (Fig. 9). É importante ressaltar, no entanto, que durante o congelamento, desapareceram as bolhas de vapor de todas as inclusões desta amostra, o que é sugestivo de fenômenos de metaestabilidade, conforme discute Roedder (1984) e Goldstein & Reynolds (1994) e, portanto, as T_e registradas podem ser distintas dos valores reais. As temperaturas de fusão do gelo só foram registradas nos casos em essa mudança de fase ocorreu após a nucleação da bolha, fornecendo, desse modo, valores reais.

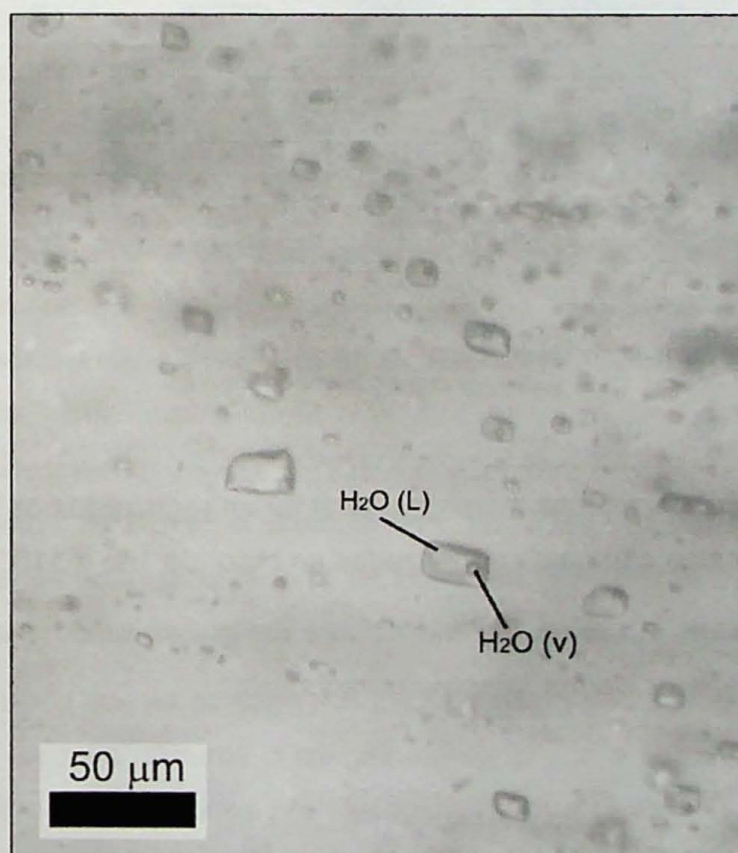


Figura 7: fotomicrografia mostrando as inclusões fluidas de forma regular e relação V_{vapor}/V_{total} constantes estudadas na amostra PTI 22.BG.

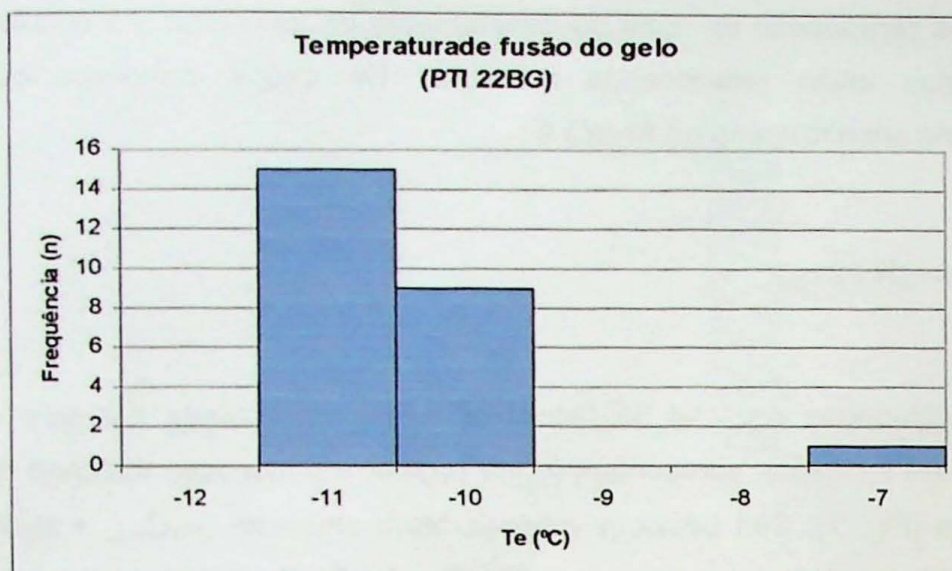


Figura 8: histograma de frequência de medidas da temperatura de fusão do gelo das inclusões da amostra PTI 22BG. (n=25)

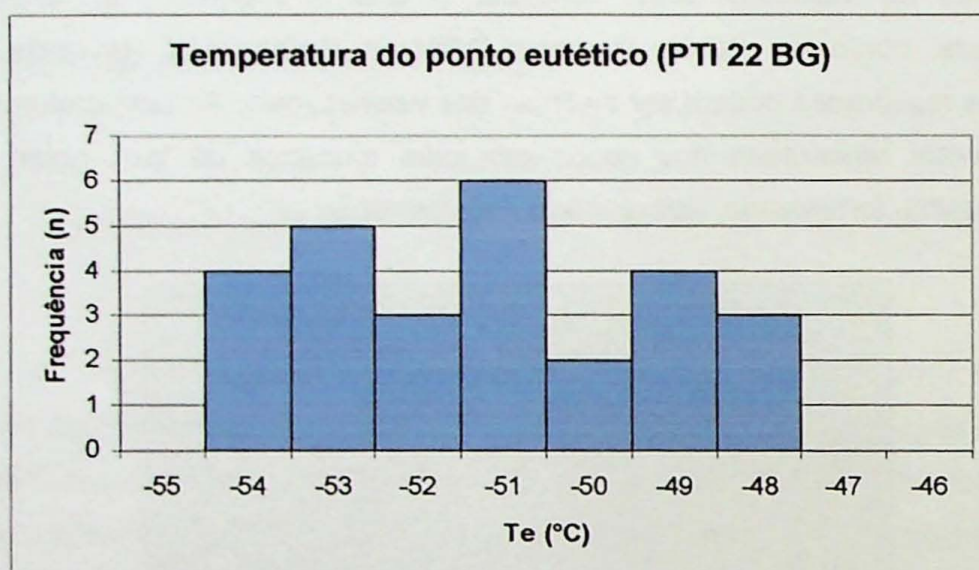


Figura 9: histograma de frequência de medidas da temperatura do ponto eutético das inclusões da amostra PTI 22BG. (n=29)

Foi realizado o aquecimento, durante o qual foram registrados os valores de T_{htotal} em 22 inclusões de um dos campos, concentradas ao redor de 105 a 110°C (Fig. 10).

Em nenhuma das inclusões há evidências da presença de outros componentes voláteis, tais como CO_2 , associadas às soluções aquosas.

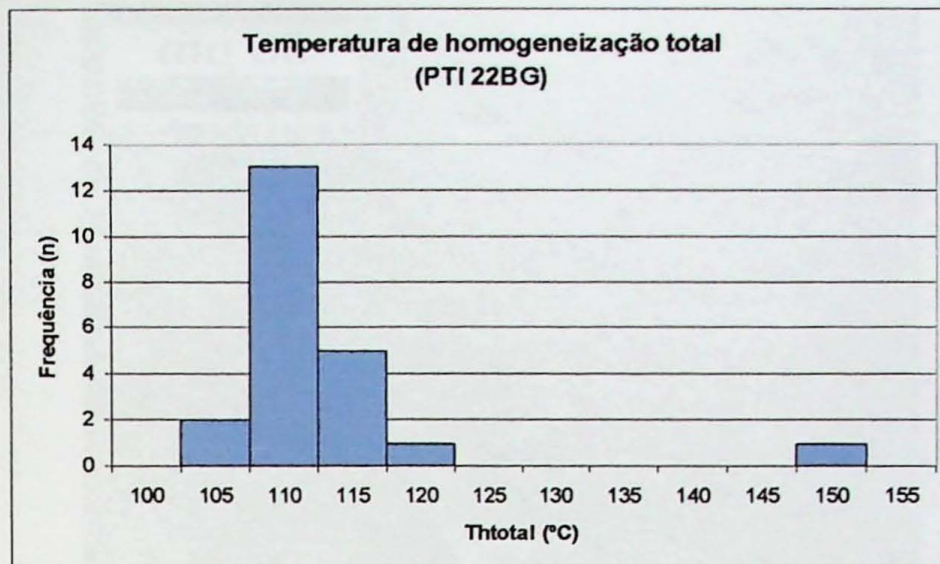


Figura 10: histograma de frequência de medidas da temperatura de homogeneização total de inclusões estudadas da amostra PTI 22BG. (n=22)

-Amostra PTI 22CJ

Dois campos contendo inclusões primárias foram selecionados em dois fragmentos de uma mesma seção desta amostra. De maneira geral os cristais de quartzo são de tamanho diminuto e ocorrem várias trilhas de inclusões com orientações distintas, sugerindo diversas gerações de cicatrização de fraturas desses veios. Sendo assim, o número de inclusões adequadas para análise foi muito reduzido (16).

As inclusões estudadas são bifásicas ($H_2O_{(liq.)} + H_2O_{(vapor)}$). Embora os valores de V_{vapor}/V_{total} sejam semelhantes, ao redor de 10 (Fig. 11), estas inclusões apresentaram, em geral, características distintas daquelas da amostra PTI 22 BG. Suas dimensões são bem mais reduzidas, entre $5\mu m$ e $10\mu m$ (Fig. 11), os valores de T_e são mais elevados, geralmente registrados acima de $-21^\circ C$ (Fig. 12). Convém ressaltar, porém, a imprecisão nestas medidas devido ao tamanho diminuto das inclusões. Os valores foram registrados somente quando as mudanças de fase já se tornavam bem claras ao microscópio; sendo assim, as temperaturas reais podem ser mais baixas.

Do mesmo modo que na amostra PTI 22BG, a bolha de vapor desapareceu em todas as inclusões desta amostra, durante o congelamento, o que é sugestivo de fenômenos de metaestabilidade, que são discutidos por Roedder (1984) e Goldstein & Reynolds (1994) e que podem levar a eutéticos imprecisos. No entanto, as temperaturas de fusão do gelo só foram registradas em inclusões nas quais já havia ocorrido a nucleação da bolha novamente.

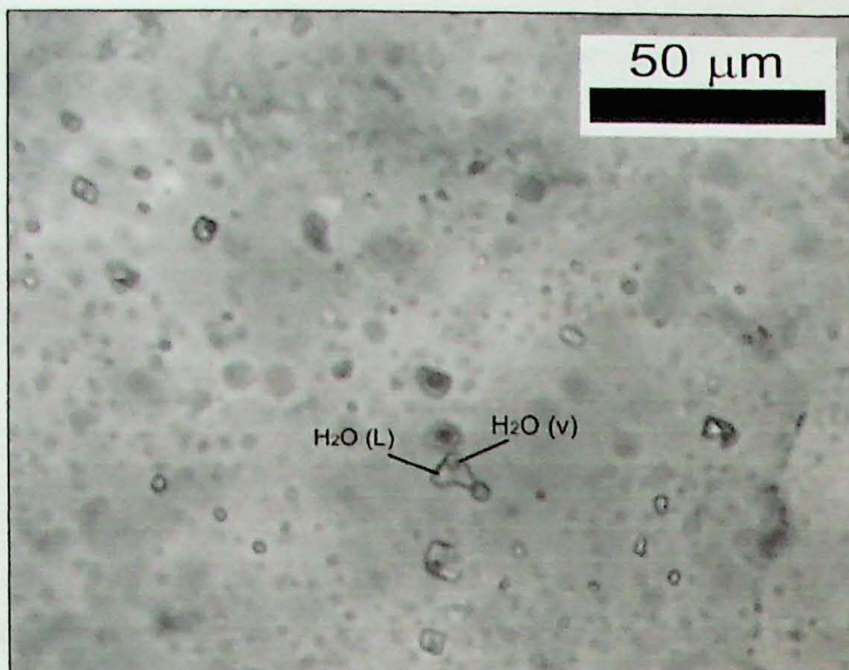


Figura 11: fotomicrografia mostrando inclusões fluidas estudadas na amostra PTI 22CJ. Observar que suas formas são mais irregulares e suas dimensões mais reduzidas em relação à amostra PTI 22BG.

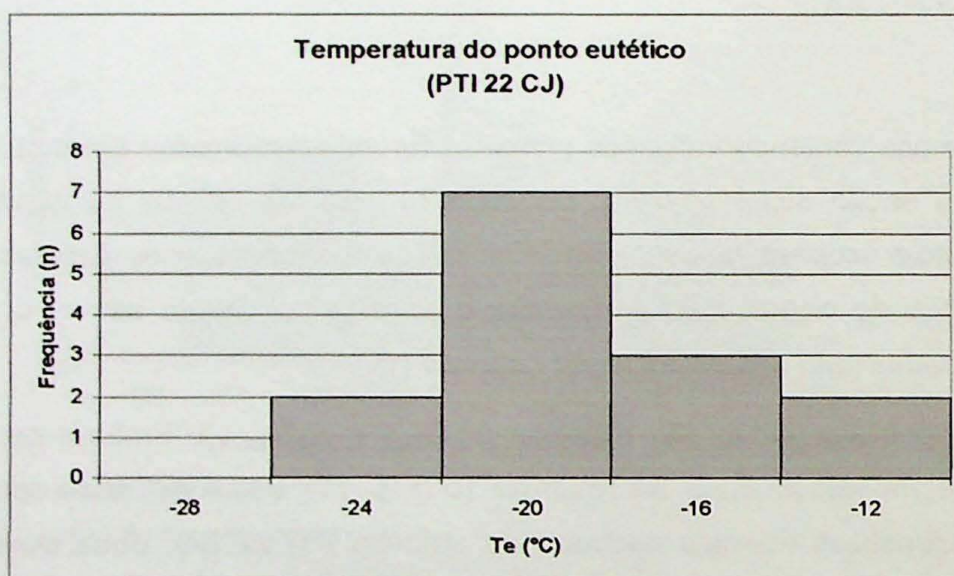


Figura 12: histograma de frequência de medidas da temperatura do ponto eutético das inclusões fluidas da amostra PTI 22CJ. (n=14)

As Tfg apresentaram grande concentração de valores ao redor de $-1,0^{\circ}\text{C}$ (Fig. 13) O pico de T_{total} foi consideravelmente mais elevado, com as medidas concentradas ao redor de 160°C (Fig. 14).

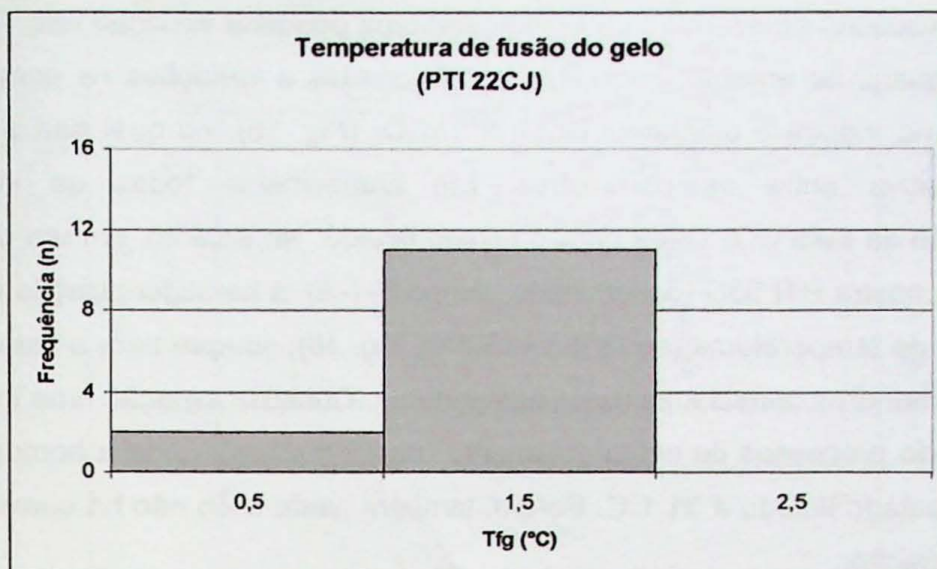


Figura 13: histograma de frequência de medidas da temperatura de fusão do gelo para as inclusões fluidas da amostra PTI 22CJ. (n=13)

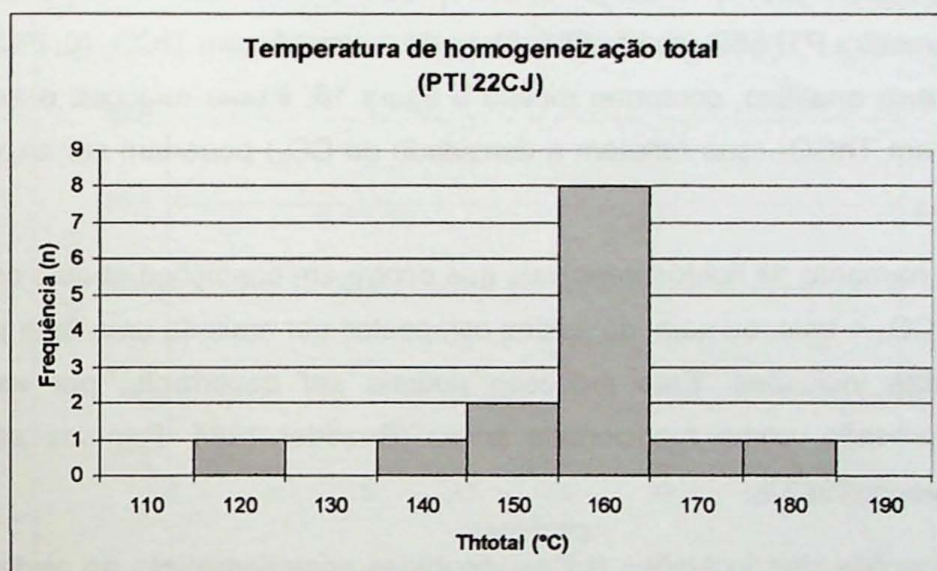


Figura 14: histograma de frequência de medidas da temperatura de homogeneização total das inclusões fluidas da amostra PTI 22CJ. (n=14)

8. Discussão

8.1. Inclusões fluidas em minerais da periferia das zonas de cisalhamento transcorrente

Os valores de T_{fCO_2} obtidos para essas inclusões são, de maneira geral próximos a $-56,6^\circ\text{C}$, que é a temperatura do ponto triplo do CO_2 puro. Porém, alguns valores próximos a -58°C indicam pequena quantidade de outros voláteis associados ao CO_2 , como CH_4 , por exemplo. É possível que ocorra N_2 , cuja presença tem pouca influência no rebaixamento desta temperatura (Roedder, 1984).

Essas inclusões apresentam de modo geral uma pequena variação nas ThCO_2 (29,1 a 30,9°C), as quais, no entanto, não estão condicionadas a variações na composição da fase volátil, como mostra o diagrama TfCO_2 x ThCO_2 (Fig. 15), no qual não é observada correlação positiva entre os parâmetros. Em praticamente todas as inclusões a homogeneização da fase CO_2 se dá para o estado líquido. No entanto, em um dos campos estudados da amostra PTI 55D (denominado campo B-1-A), a homogeneização ocorre num amplo intervalo de temperaturas (de -3,2 a +15,7°C, Fig. 16), sempre para o estado gasoso, implicando em menores densidades deste componente. Constitui exceção uma inclusão que parece ter sofrido processos de estrangulamento (*necking down*), onde a homogeneização se deu para o estado líquido a 31,1°C. Porém, também neste caso não há correlação entre ThCO_2 e composição.

Variações em ThCO_2 para TfCO_2 praticamente constantes podem sugerir a ocorrência de processos de flutuações na pressão dos fluidos, conforme discussões de Dugdale e Hagemann (2001). Este fenômeno é bem pronunciado em um dos campos estudados da amostra PTI 55D (campo B-1-A), onde a variação em TfCO_2 (0,1°C) é nula, se considerado o erro analítico, conforme mostra a figura 16. Essas relações e as variações volumétricas e em ThCO_2 (que refletem a densidade do CO_2) poderiam ser explicadas por vários processos:

a) aprisionamento de fluidos imiscíveis que ocorre em condições abaixo do *solvus* do sistema $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{sais}$, ou seja, de fluidos compostos por mais de uma fase já na época de formação das inclusões. Este processo poderia ser decorrente, por exemplo, de flutuações de pressão, como mencionado acima (Roedder 1984, Ramboz *et al.*, 1982, Bowers & Helgeson, 1983);

b) modificações das inclusões fluidas, ocorridas posteriormente ao aprisionamento. Por exemplo, escape de fluidos e re-equilíbrios em condições distintas de pressão e temperatura (Crawford & Hollister, 1986; Hollister, 1990, entre outros);

c) processos de misturas de fluidos de origens distintas, em diversas proporções. Por exemplo, fluidos hidrotermais com outros provenientes de reações metamórficas (Anderson *et al.* 1992, Ramboz *et al.* 1982, Roedder 1984, Wilkinson 2001).

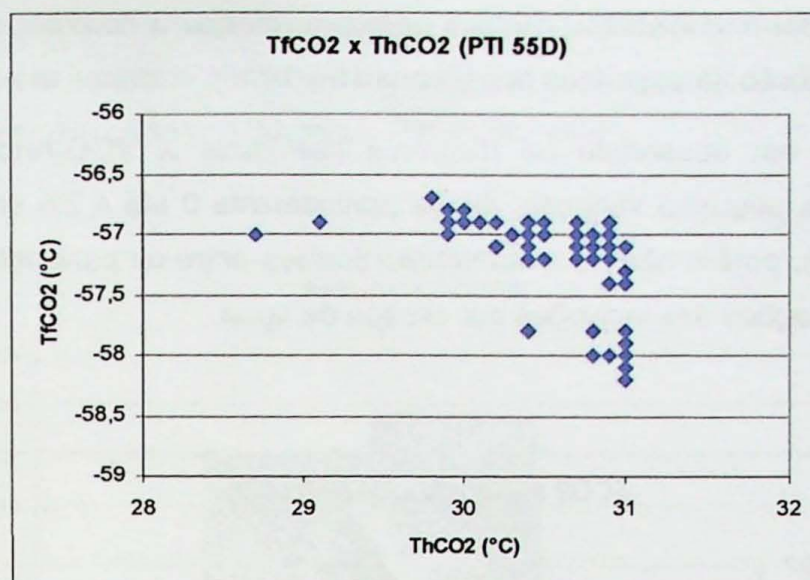


Figura 15: temperaturas de fusão do CO₂ *versus* temperatura de homogeneização do CO₂ para inclusões estudadas na amostra PTI 55D. (n=92)

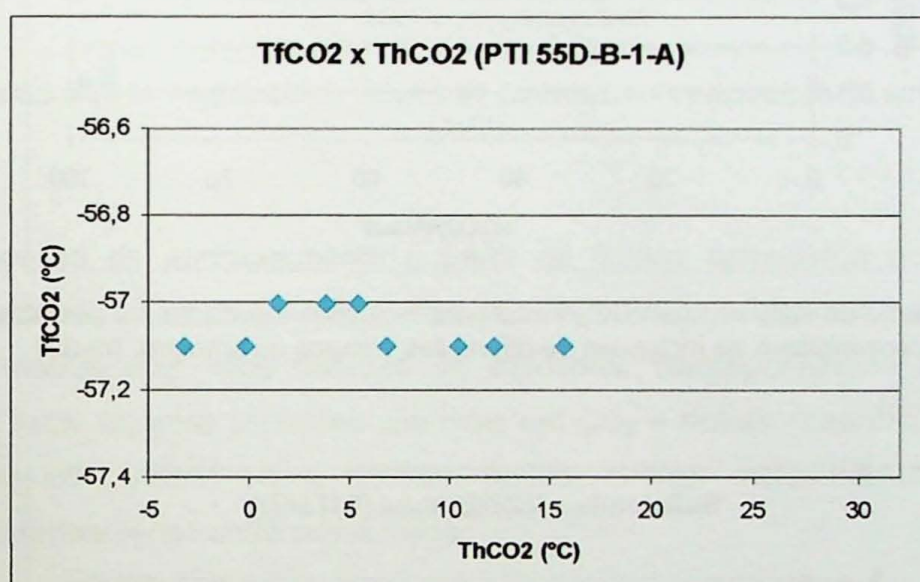


Figura 16: temperaturas de fusão do CO₂ *versus* temperatura de homogeneização do CO₂ para inclusões estudadas na amostra PTI 55D-campo B-1-A. (n=9)

Os processos de modificação das inclusões por escape seletivo da fase aquosa são discutidos por vários autores. Segundo Crawford e Hollister (1986), pode ocorrer o aumento do volume da fase CO₂ por remoção seletiva da água em inclusões aquocarbônicas originalmente homogêneas, durante eventos deformacionais, havendo, consequentemente, um decréscimo em sua densidade (devido ao aumento do volume da bolha de CO₂). Hollister (1990) mostra que o escape seletivo da água durante deformações plásticas resulta num enriquecimento em componentes tais como NaCl e CaCl₂ levando, portanto, ao aumento na salinidade das soluções aquosas. Porém não é observada nenhuma correlação negativa no diagrama dCO₂ X VCO₂/Vtotal (Fig. 17), mostrando que os processos de modificação com escape de água não explicam as variações observadas. No entanto, as

tendências ressaltadas nos distintos campos parecem reforçar a ocorrência dos processos de flutuações de pressão, já sugeridos nas figuras 15 e 16.

Como pode ser observado no diagrama salinidade X VCO_2/V_{total} (Fig. 18), a salinidade apresenta pequena variação, desde praticamente 0 até 4,2% em peso do NaCl equivalente (Fig. 19), porém não há a correlação positiva entre os parâmetros, a qual seria indicativa de modificações das inclusões por escape de água.

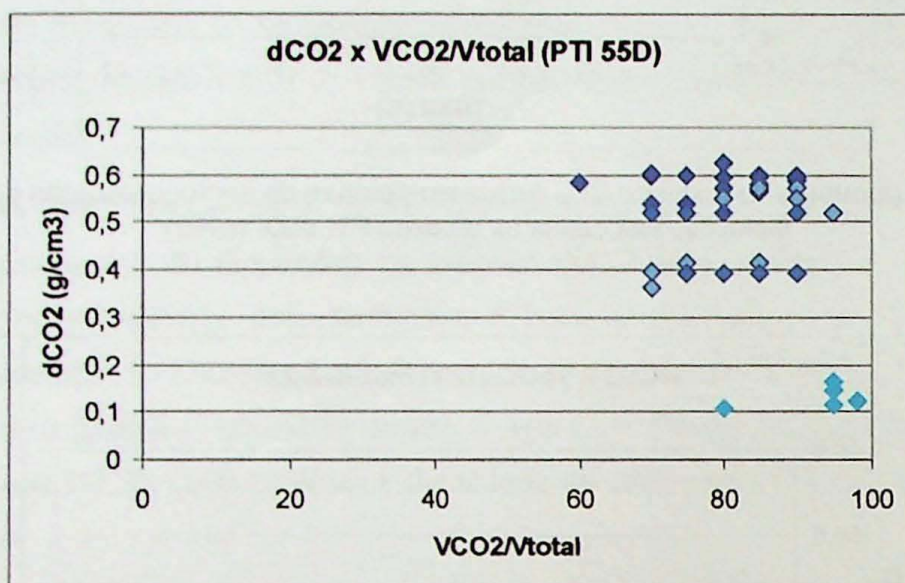


Figura 17: densidade do CO_2 versus VCO_2/V_{total} para inclusões estudadas na amostra PTI 55D. As cores indicam as inclusões de diferentes campos da amostra. (n=69)

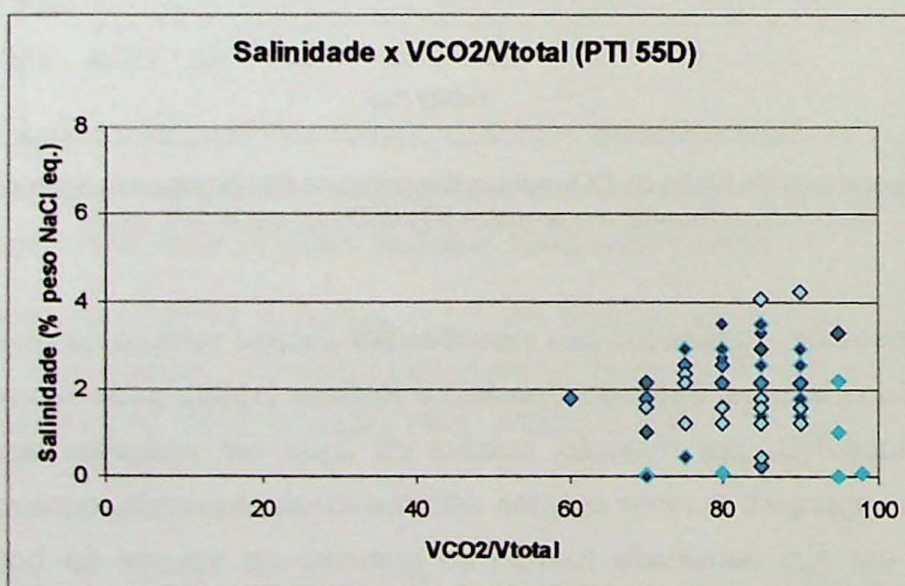


Figura 18: salinidade versus VCO_2/V_{total} para inclusões estudadas na amostra PTI 55D. As cores indicam as inclusões de diferentes campos da amostra. (n=69)

Também não foi observada correlação negativa entre a salinidade e V_{CO_2}/V_{total} (Fig. 18), que poderia constituir evidência de aprisionamento a partir de fluidos originalmente imiscíveis, conforme discutido por Bowers e Helgeson (1983).

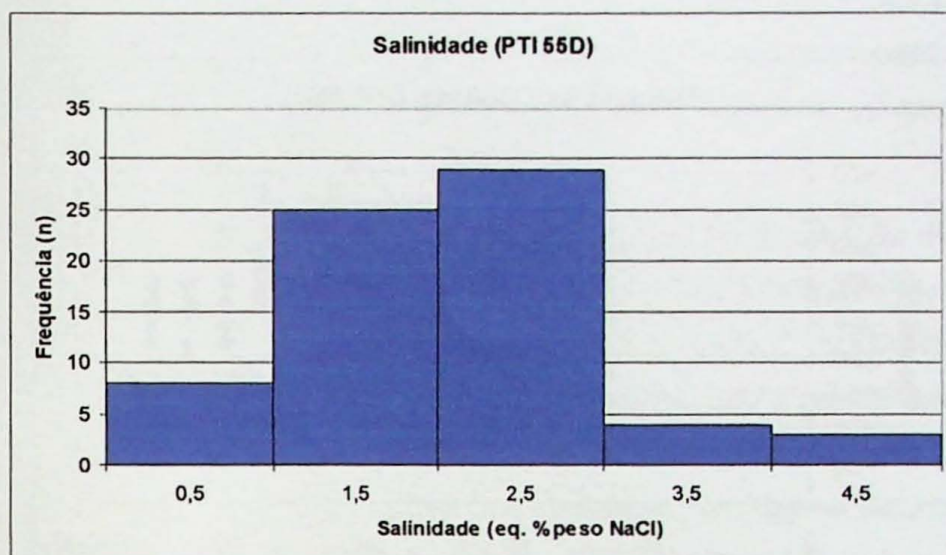


Figura 19: histograma de frequência de valores de salinidades das inclusões da amostra PTI 55D. (n=69)

O processo de aprisionamento a partir de fluidos compostos por H_2O e CO_2 , originalmente imiscíveis, é discutido por Ramboz *et al.* (1982). Segundo os autores, neste caso são formados dois tipos distintos de inclusões, correspondentes às duas fases imiscíveis, ou seja: algumas inclusões são ricas em CO_2 e outras ricas em água. Roedder (1984) mostra que, nesse caso, também podem ocorrer inclusões com proporções volumétricas intermediárias entre essas fases.

Alguns critérios indicativos desse processo discutidos por Ramboz *et al.* (1982) são:

- i) os dois tipos de inclusões (as ricas em CO_2 e as ricas em H_2O) devem ocorrer nas mesmas regiões de uma mesma amostra, com evidências de aprisionamento contemporâneo;
- ii) a homogeneização dos dois tipos de inclusões deve ocorrer dentro do mesmo intervalo de temperatura, porém o modo de homogeneização dependerá de suas razões volumétricas. Em inclusões ricas em água, a homogeneização ocorreria pela contração da fase CO_2 ; já naquelas ricas em CO_2 , pela expansão desta fase;
- iii) se as inclusões possuem forma e tamanhos similares, caso um dos tipos sofra crepitação antes da homogeneização, o outro deve se comportar de modo semelhante.

Embora ocorra variação nas razões volumétricas entre as fases em inclusões nos mesmos campos das amostras, sugerindo aprisionamento contemporâneo, o critério (i) acima não foi plenamente estabelecido, uma vez que não foram observados os dois tipos

extremos de inclusões (ricas em H_2O e ricas em CO_2), pois a razão V_{CO_2}/V_{total} é sempre elevada, entre 60 e 95 (Fig.20). Assim, também não é possível ser verificado o critério (ii), já que a homogeneização ocorreu sempre pela expansão da fase carbônica. O critério (iii) também não pôde ser verificado, visto que não ocorreu nenhum caso de crepitação durante o aquecimento.

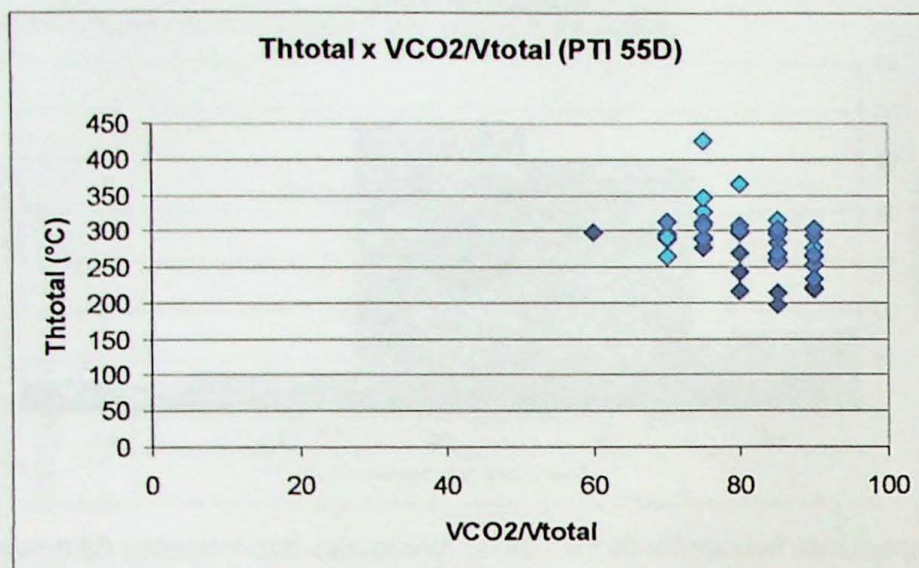


Figura 20: temperatura de homogeneização total *versus* V_{CO_2}/V_{total} para inclusões estudadas na amostra PTI 55D. As cores diferenciam as inclusões nas três regiões da amostra nas quais foi feito o aquecimento. (n=55)

Essas discussões mostram que as modificações das inclusões por deformações plásticas e o aprisionamento a partir de fluidos imiscíveis não parecem ser os responsáveis pelas variações observadas. Estas poderiam ser decorrentes de misturas de fluidos e de processos de flutuações de pressão durante a cristalização do quartzo.

A mistura entre as soluções aquosas que percolam as rochas, com fluidos ricos em CO_2 , provenientes das reações de descarbonatação, explica de modo satisfatório a pequena variação na salinidade, bem como as variações da densidade (0,11 a 0,62 g/cm³) e volume da fase carbônica, da densidade total (0,13 a 0,75 g/cm³) das inclusões (Fig. 21) e fração molar do componente carbônico (0,17 a 0,81) (Anexo B). Além disso, a figura 22 sugere ter havido alguma diluição do fluido, deixando-o menos salino.

A existência de processos de flutuações de pressão, durante a cristalização do quartzo e aprisionamento do fluido, é sugerida pela figura 20, onde os pontos relativos às inclusões de cada campo da amostra parecem delinear diferentes curvas *solvus*.

No entanto, o aprisionamento deve ter ocorrido acima da curva *solvus*, tratando-se então de um fluido homogêneo, já que, como discutido anteriormente, não há indicativos de imiscibilidade de fluidos. A temperatura mínima de aprisionamento das inclusões, ou seja, cristalização do quartzo hospedeiro, é da ordem de 250 a 300°C.

O espalhamento das isócoras (Fig. 23) também reforça o processo de misturas de fluidos, uma vez que a densidade total está relacionada à densidade do CO_2 . Esta última é bem variável, devido ao aprisionamento em proporções distintas, o que faz com que a fração molar de CO_2 (X_{CO_2}) seja variável em cada inclusão (quanto maior a X_{CO_2} , menor a densidade total da inclusão). Esta variação de densidade da fase volátil poderia, também, ser explicada pela presença de quantidades variáveis de outros componentes associados ao CO_2 , os quais não puderam ser identificados pela microtermometria, ou ainda pelos próprios processos de flutuação de pressão.

Processos de re-equilíbrio decorrentes do aumento ou diminuição da pressão interna das inclusões, devido às variações da pressão externa (flutuações de pressão), ou seja, do ambiente em que se formaram, discutidos por Vityk e Bodnar (1995), também poderiam causar o espalhamento das isócoras. Os autores mostram que essas diferenças de pressão podem provocar fraturamentos, estiramentos, contração ou dissolução das paredes das inclusões, ou ainda a remoção de fluidos, sendo que, nas amostras estudadas, este último fenômeno já foi descartado, conforme discutido anteriormente.

O espalhamento observado na figura 23 poderia, portanto, indicar a ocorrência de re-equilíbrios que teriam ocorrido posteriormente ao pico térmico do sistema e à formação do talco, com o decréscimo da temperatura.

A hipótese mais bem sustentada pelos dados obtidos, e que é compatível com o ambiente geológico em questão, é a da existência de processos de misturas entre dois fluidos distintos: soluções aquosas, proveniente das zonas de cisalhamento, que circulou em volume restrito por redes de microfraturas no metadolomito, e o fluido carbônico, gerado nas reações metamórficas de formação do talco. Processos de re-equilíbrios, embora não possam ser totalmente descartados, não explicariam de maneira satisfatória a todas as variações observadas.

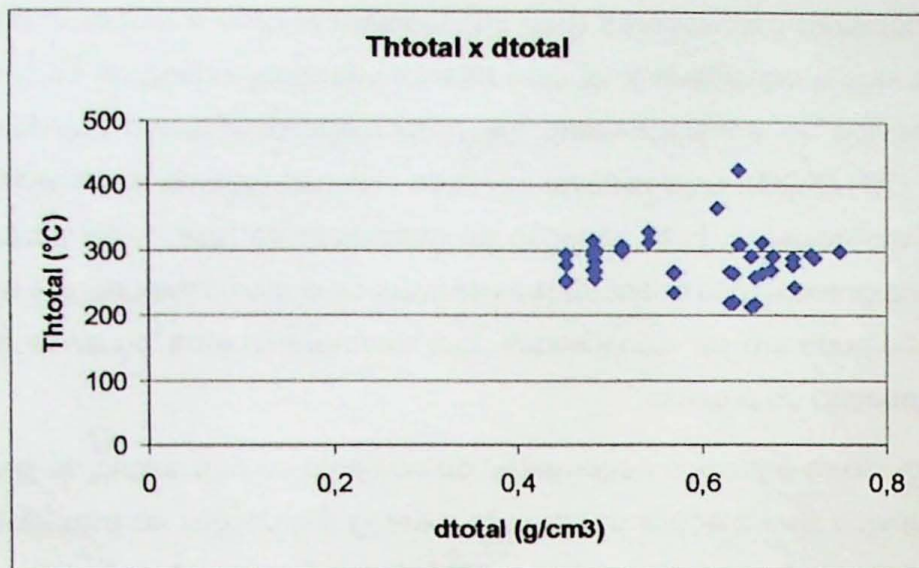


Figura 21: temperatura de homogeneização total *versus* densidade total para inclusões estudadas na amostra PTI 55D. (n=55)

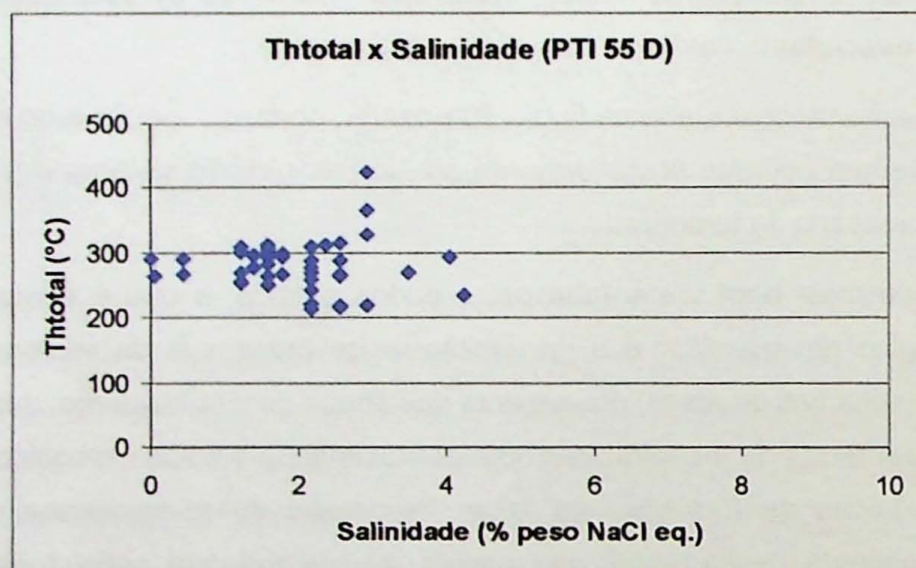


Figura 22: temperatura de homogeneização total *versus* salinidade para inclusões estudadas na amostra PTI 55D. (n=55)

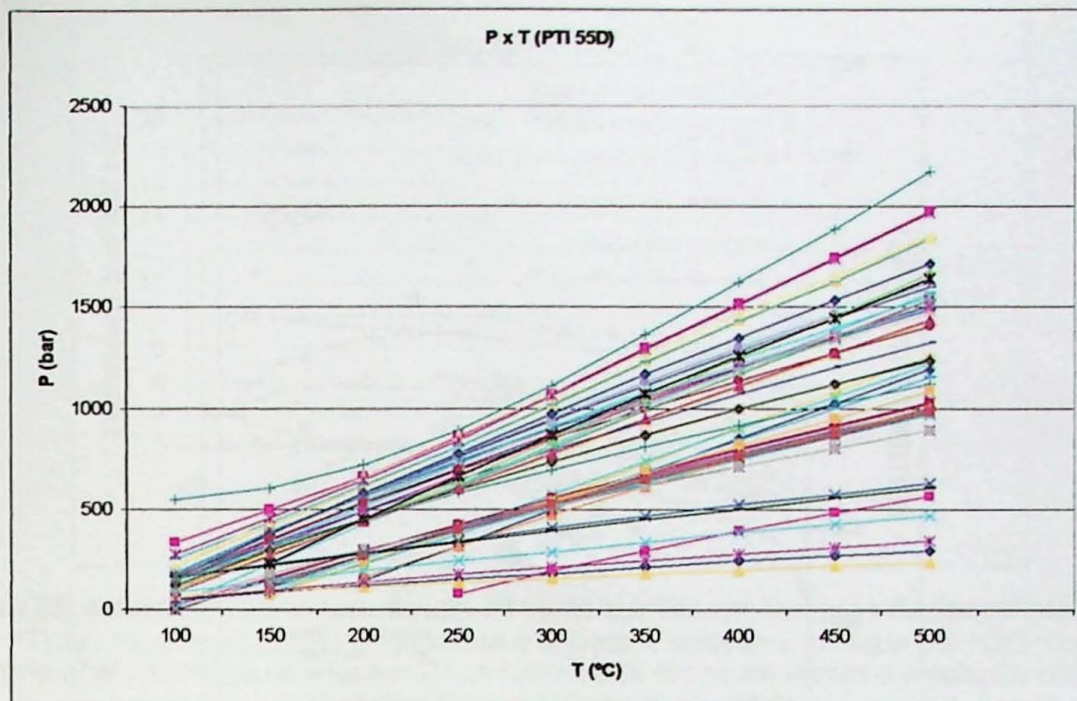


Figura 23: diagrama de pressão *versus* temperatura, com as isócoras calculadas para as inclusões fluidas na amostra PTI 55D. As cores indicam as diferentes inclusões fluidas estudadas na amostra.

Na figura 24 estão representadas as T_{total} obtidas nas inclusões de amostras da periferia da zona de cisalhamento, as quais encontram-se abaixo da curva de estabilidade do talco, mesmo sendo consideradas pressões tão baixas como 0.5kbar. Os valores de T_{total} representam a temperatura mínima de aprisionamento e cristalização do quartzo hospedeiro. É possível, assim, que pelo menos parte dessas inclusões contenham fluidos contemporâneas ao talco, ainda que em uma etapa mais tardia de cristalização deste mineral.

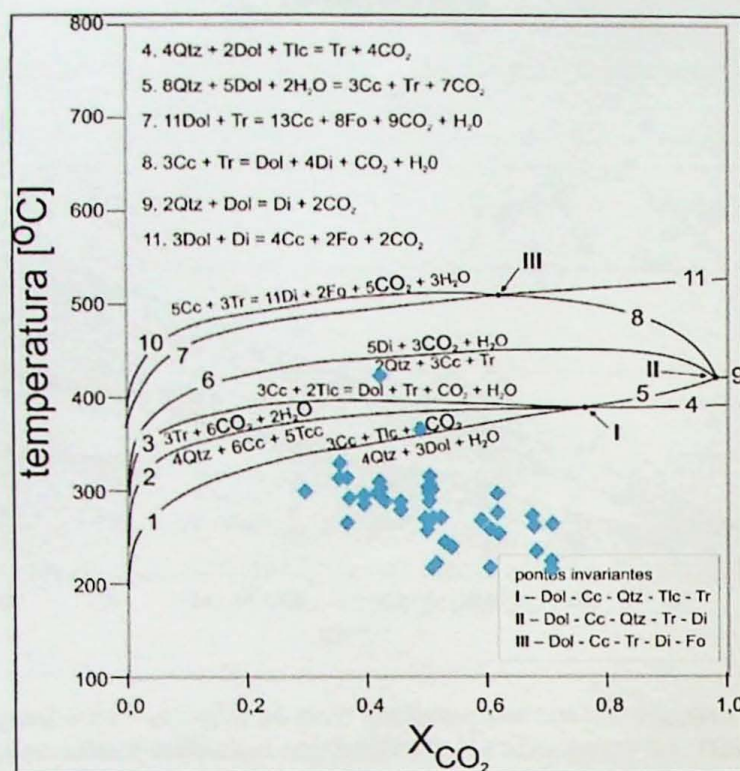


Figura 24: fração molar de CO_2 versus temperatura de homogeneização total para inclusões fluidas estudadas na amostra PTI 55D (modificado de Holness, 1992).

8.2. Inclusões fluidas em minerais nas zonas de cisalhamento transcorrente

Devido ao tamanho diminuto dos cristais de quartzo e de suas inclusões, obteve-se um número reduzido de dados, que revelaram dois tipos muito distintos de fluidos, nos veios de quartzo de um mesmo afloramento. Conforme mostra a figura 25, a salinidade é bem constante para cada uma das amostras, porém muito diferente entre elas. Os íons presentes nas soluções aquosas, também diferem de uma amostra para outra.

Na amostra PTI 22BG as temperaturas do ponto eutético sempre próximas a -50°C sugerem que a solução seja composta por $\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ (Davis *et al.*, 1990), e as salinidades obtidas são elevadas, ao redor de 14% em peso de NaCl equivalente.

Já na amostra PTI 22CJ a solução deve ser composta por água e íons monovalentes ($\text{NaCl} + \text{KCl}$), o que é sugerido pelas temperaturas do ponto eutético ao redor de -21°C .

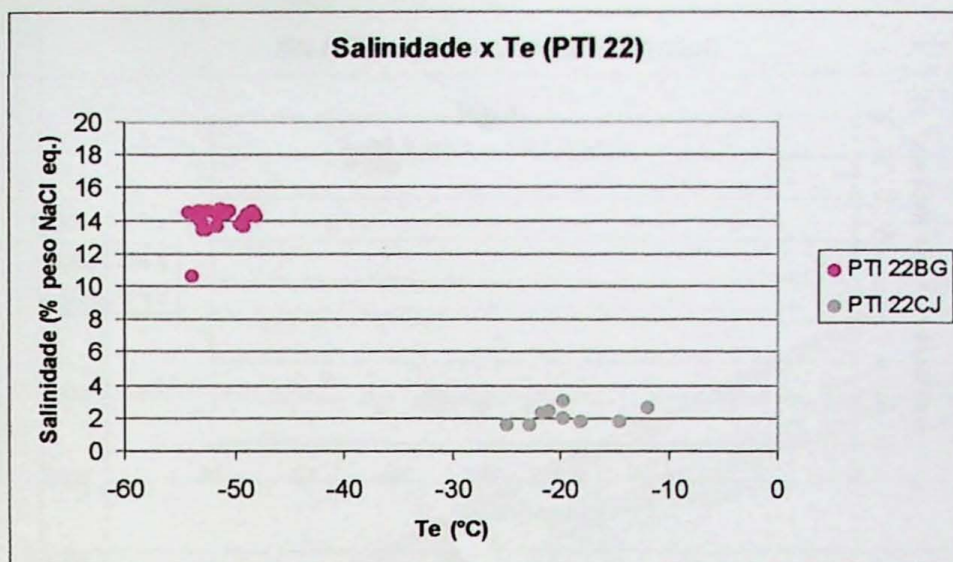


Figura 25: salinidade *versus* temperatura do ponto eutético em inclusões fluidas estudadas na amostra PTI 22. Na amostra 22BG a salinidade é elevada e solução é formada por $H_2O+NaCl+CaCl_2$ (Davis *et al.*, 1990); já na amostra CJ as salinidades são muito baixas e a solução contém $H_2O+NaCl+CaCl_2$ (Davis *et al.*, 1990)

Essas inclusões apresentaram, de modo geral valores de T_{htotal} mais baixos em relação às daquelas da amostra PTI 55. Em todas as inclusões, ocorreram fenômenos de metaestabilidade, com o desaparecimento da bolha de vapor durante o resfriamento. Conforme discute Roedder (1984), essa dificuldade de nucleação da fase vapor pode sugerir que o aprisionamento se deu a baixas temperaturas, o que é compatível com as T_{htotal} baixas obtidas.

A figura 26, não mostra, em nenhuma das amostras, uma correlação positiva entre a salinidade e V_{vapor}/V_{total} , que seria indicativo de processos de modificações por escape de fluidos (Hollister, 1990), sendo ambos os parâmetros constantes para cada amostra. Por fim, a ausência de uma correlação negativa entre a densidade da inclusão e o volume da fase vapor (Fig. 27), também exclui esta hipótese. No diagrama T_{htotal} x salinidade (Fig. 28), praticamente não há dispersão entre os pontos, sugerindo que as inclusões em cada amostra foram aprisionadas cogeneticamente e não apresentam características acentuadas de modificações posteriores. No entanto, algumas evidências desses processos são observadas pelo leve espalhamento das isócoras no diagrama P-T (Fig. 29), no caso da amostra PTI 22CJ, que também apresenta as maiores variações nas T_{htotal} .

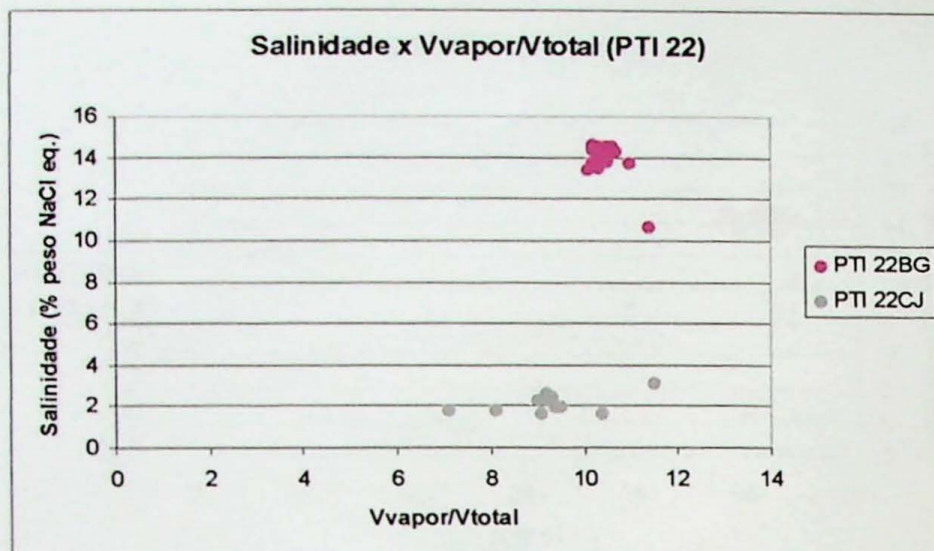


Figura 26: salinidade *versus* Vvapor/Vtotal para inclusões fluidas estudadas na amostra PTI 22.

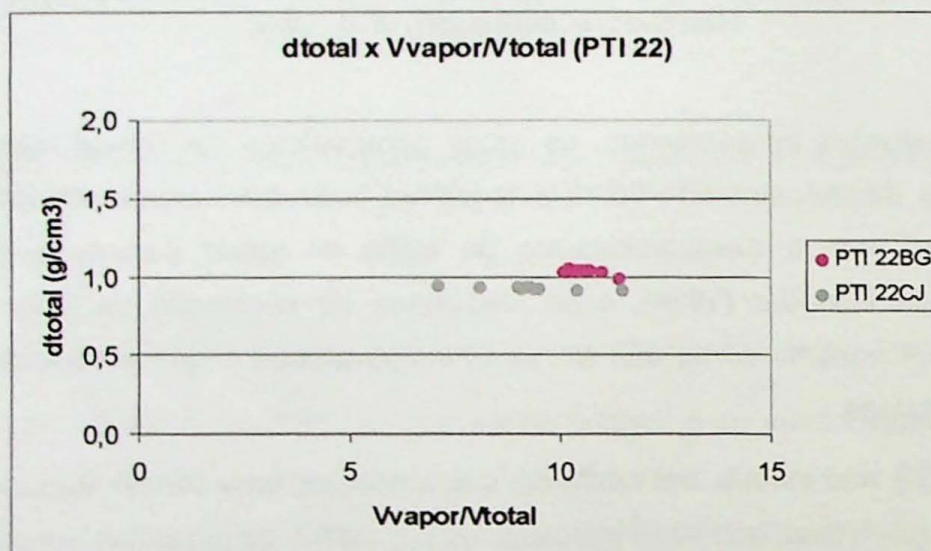


Figura 27: densidade total *versus* Vvapor/Vtotal em inclusões fluidas estudadas na amostra PTI 22.

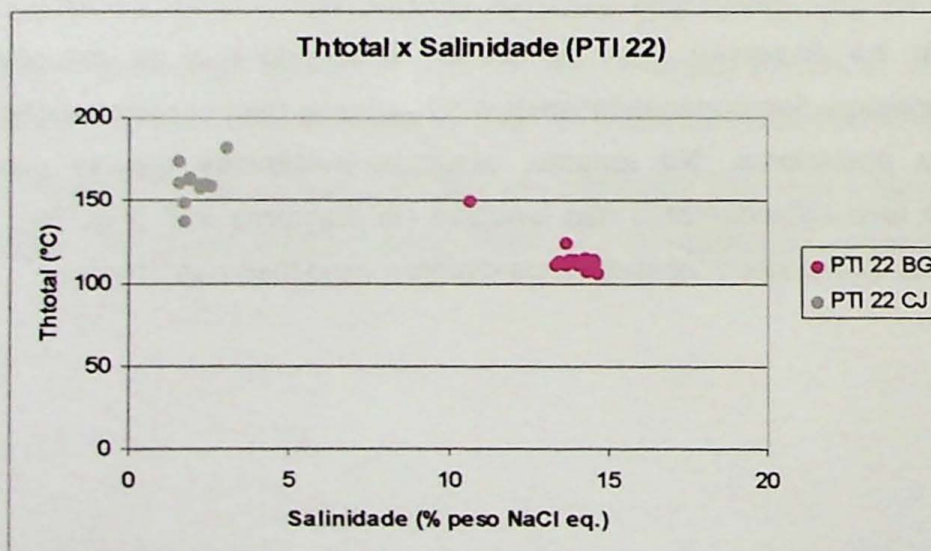


Figura 28: temperatura de homogeneização total *versus* salinidade em inclusões fluidas estudadas na amostra PTI 22.

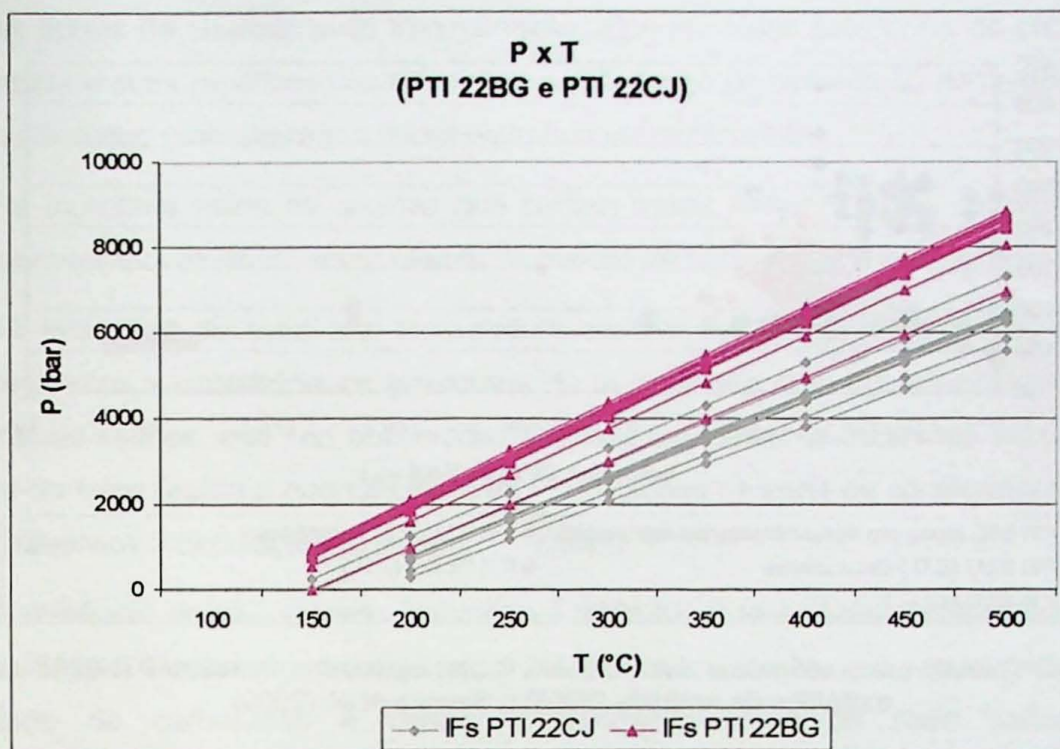


Figura 29: diagrama P x T com as isócoras calculadas para inclusões fluidas estudadas nas amostras PTI 22BG e PTI 22CJ.

A presença dos veios de quartzo, representados pelas amostras PTI 22BG e PTI 22CJ, pode ser consequência tanto do esgotamento da dolomita, que causa um excesso de SiO_2 , como da queda da temperatura, ou ainda de ambos os processos associados.

Ainda no contexto das zonas de cisalhamento, foram estudadas inclusões em veios de calcita em talco xistos da amostra PTI 02AI (Andrade, 2008; Saunite *et al.*, 2009), as quais são essencialmente aquosas de baixas salinidades e temperaturas de homogeneização mais elevadas em relação às amostras PTI 22, permitindo sugerir que seu aprisionamento ocorreu em uma etapa mais antiga, sob condições mais próximas ao pico térmico do sistema.

Também foram estudadas algumas inclusões secundárias nas amostras PTI 02, as quais apresentam geralmente menor salinidade, em relação às primárias, e distribuição unimodal de T_{htotal} ao redor de 130°C . Estes valores são semelhantes aos obtidos em algumas das inclusões primárias dessa amostra, sugerindo a ocorrência de processos de re-equilíbrio com os fluidos posteriores, mais frios (Fig. 30).

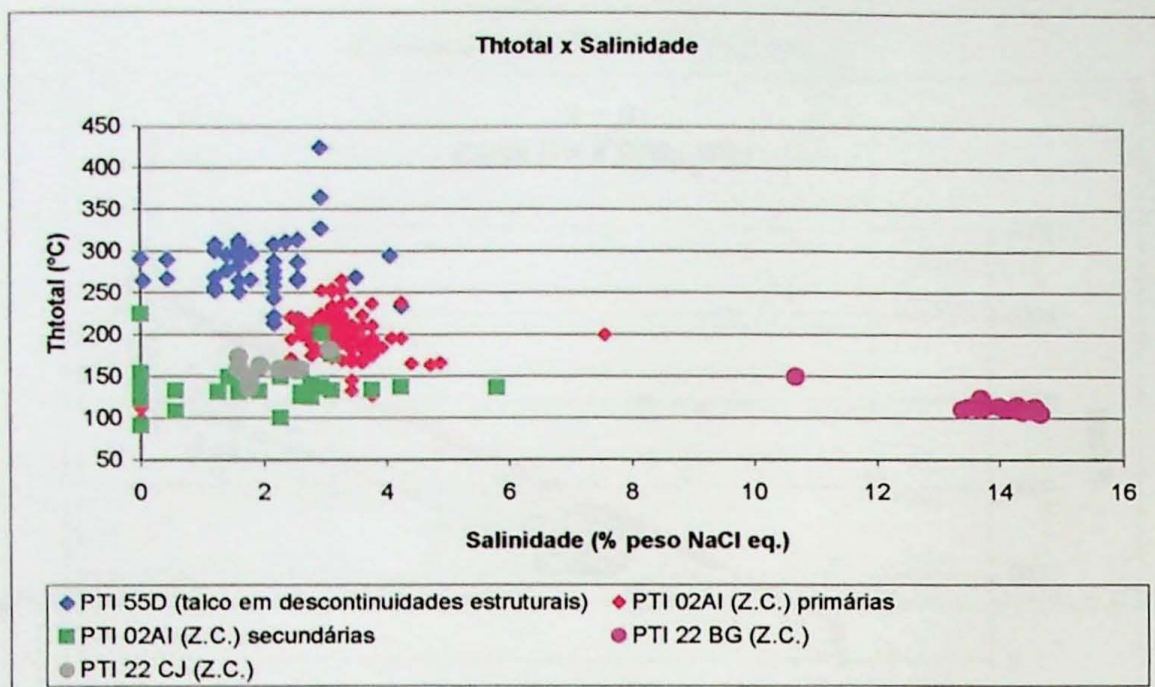
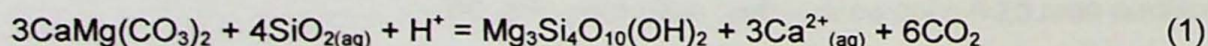


Figura 30: Thtotal versus salinidade das inclusões fluidas estudadas. Amostra PTI 02AI: dados extraídos de Andrade (2008) e Saunite *et al.* (2009).

A ocorrência de atividades hidrotermais tardias na zona de cisalhamento pode ser explicada pela própria presença do talco, que tem um papel de facilitador ou lubrificante dos movimentos em zonas de fraqueza, como falhas e zonas de cisalhamento (Moore e Lockner, 2008; Collettini *et al.*, 2009). Tais reativações tectônicas permitem a percolação de fluidos durante longo tempo e sob diversas condições de temperatura e pressão. A entrada de vários pulsos de fluidos de características distintas explicaria de modo satisfatório os diferentes tipos inclusões fluidas observadas e também os re-equilíbrios registrados nas inclusões mais antigas.

O fluxo d'água elevado nas zonas de cisalhamento promoveu a diluição do CO₂ proveniente da descarbonatação. Considerando-se a solubilidade da sílica em água a 400°C a 2kbar e a quantidade de sílica necessária para a formação de talco a partir da dolomita, segundo a reação (1) abaixo, Andrade (2008) estimou a razão volumétrica água:rocha de aproximadamente 900:1.



Na periferia dessas zonas, as frações molares de CO₂ das inclusões são elevadas, o que é explicado pela percolação mais restrita de fluidos aquosos neste contexto.

9. Conclusões

As zonas de cisalhamento transcorrente, representadas pela zona de cisalhamento de Itapirapuã e suas ramificações, foram canais eficientes de percolação de fluidos aquosos ricos em sílica que promoveram a talcificação dos metadolomitos.

Os inúmeros veios de quartzo que cortam esses metadolomitos contêm inclusões fluidas representativas de diversas etapas do evento de talcificação e posteriores.

As inclusões de mais alta temperatura contêm fluidos mais antigos e, em alguns casos, registram a ocorrência de processos de re-equilíbrio com fluidos posteriores, mais frios e menos salinos, que são observados também em trilhas de inclusões secundárias. A presença do talco facilita a ocorrência de movimentações na zona de cisalhamento que, por sua vez, favorece a circulação de fluidos.

A ausência de CO_2 nessas inclusões é atribuída à alta razão fluido:rocha. No caso dos veios mais tardios, a circulação de fluidos foi menor, o que, associado à maior solubilidade de carbonatos a baixas temperaturas, tornou-os mais salinos. Muito provavelmente as reações de formação do talco, que forneciam CO_2 , já haviam cessado, ajudando a explicar a ausência desse componente.

Na periferia dessas zonas de cisalhamento, houve percolação de fluidos entre descontinuidades estruturais no metadolomito, onde foram geradas menores quantidades de talco. A circulação mais restrita dos fluidos aquosos permitiu a ocorrência de um processo de mistura homogênea com o fluido rico em CO_2 gerado pelas reações de quebra da dolomita e formação do talco.

Referências bibliográficas

- Anderson, D.L., Mock, D.W., Childs, J.F. 1990. Petrogenesis and Timing of Talc Formation in the Ruby Range, Southwest Montana. – *Econ geol* (85) pp. 585-600.
- Andrade, F.R.D. 2008. Interações fluido-rocha em metadolomitos da porção meridional do grupo Itaiacoca, Paraná. Tese de livre-docência (inédita), IGc-USP. 170 p.
- Bakker, R.J., 1997. Clathrates: computer programs to calculate fluid inclusion V-X properties using clathrate melting temperatures. *Comp Geosci* 23, 1-18.
- Bakker, R.J., 2003. Package FLUIDS 1. Computer programs for analysis of fluid inclusion data and for modeling bulk fluid properties. *Chem Geol* 194, 3-23.
- Bowers, T.J.; Helgeson, H.C., 1983. Calculation of the thermodynamic and geochemical consequences of nonideal mixing in the system H_2O-CO_2-NaCl on phase relations in geologic systems: equation of state H_2O-CO_2-NaCl fluids at high pressures and temperatures. *Geochim Cosmochim Acta* (47), 1247-1275.
- Collettini, C., Viti, C., Smith, S.A.F., Holdsworth, R.E. 2009. Development of interconnected talc networks and weakening of continental low-angle normal faults. *Geology* 37, v. 6: 567-570.
- Collins, P.L.F. 1979. Gas hydrates in CO_2 -bearing fluid inclusions and the use of freezing data for estimation of salinity. *Econ Geol*, 74(6): 1435-1444.
- Crawford, M.L.; Hollister, L.S., 1986. Metamorphic fluids: the evidence from fluid inclusions. In: Walther, J.V. and Wood, B.J., Editors, 1986. *Fluid rock interaction during metamorphism*. *Phys Geochem* v. 5, Springer, Berlin, pp. 1-35.
- CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais). 1977. *Projeto Leste do Paraná*. Folha Pirai do Sul, 1:100.000. Relatório Final. São Paulo, DNPM-CPRM-BADEP, vol. I, 119 p.
- Davis, D.W., Lownestein, T.K., Spencer, R.J., 1990. Melting behavior of fluid inclusions in laboratory-grown halite crystals in the systems $NaCl-H_2O$, $NaCl-KCl-H_2O$, $NaCl-MgCl_2-H_2O$, and $NaCl-CaCl_2-H_2O$. *Geochim Cosmochim Acta*, v. 54, p. 591-601.
- Diamond, L.W., 1992. Stability of CO_2 -clathrate-hydrate + CO_2 liquid + CO_2 vapor + aqueous KCl-NaCl solutions. Experimental determination and application to salinity estimates of fluid inclusions. *Geoch Cosmochim Acta*, 56 (1): 273-280.
- DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), 2008. Sumário Mineral Brasileiro 2008. www.dnpm.gov.br (acessado em 08 de julho de 2009)
- DNPM-MINEROPAR (Departamento Nacional de Produção Mineral – Minerais do Paraná S.A.). 1999. *Avaliação Metalogenética do Distrito Mineiro do Talc no Estado do*

- Paraná. Relatório final (texto e anexos). Curitiba. (Autores: Ribas, S.M., David, C.A.S., Brandão, W., Valaski, Z. de F.)
- Dugdale, A.L., Hagemann, S.G., 2001. The Bronzewing lode-gold deposit, Western Australia: *P-T-X* evidence for fluid immiscibility caused by cyclic decompression in gold-bearing quartz-veins. *Chem Geol*, v. 173 (1) 2001, pp. 59-90.
- Goldstein, R.H., Reynolds, T.J., 1994. Systematics of fluid inclusions in diagenetic minerals. SEPM (Society for Sedimentary Geology) Short Course 31, Tulsa, Oklahoma, 199p.
- Guimarães, G.B., 2000. *As rochas granitóides do Complexo Granítico Cunhaporanga: aspectos geológicos, geofísicos, geoquímicos e mineralógicos*. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. 230 f.
- Hollister, L.S., 1990. Enrichment of CO₂ in fluid inclusions in quartz by removal of H₂O during crystal-plastic deformation. *J Struct Geol* (12), pp; 895-901.
- Holness, M.B., 1992. Metamorphism and fluid infiltration of the calc-silicate aureole of the Beinn an Dubhaich granite, Skye. *J Petrology*, 33:1261-1293.
- Lima, R.E. 1997. Geologia das jazidas de talco do Paraná. In: *Encontro de Mineradores e Consumidores*, 5., Anais, Assoc. Bras. de Cerâmica / SENAI-PR 1997, p. 08-11.
- Moore, D.E.; Lockner, D.A. 2008. Talc friction in the temperature range 25°-400°C: Relevance for Fault-Zone Weakening. 2008. *Tectonophysics*, 449 (1-4). p. 120-132.
- Prochaska, W. 1989. Geochemistry and genesis of Austrian talc deposits. *Appl Geochem*, 4: 511-525.
- Prochaska, W.; Mogessie, A., Raith, J.G., 1992. Formation of the talc deposit of Kibanda (Rwanda) and its relation to the regional metamorphic evolution. *J Afr Earth Sci*, 14: 499-509
- Ramboz, C.; Pichavant, M.; Weisbrod, A., 1982. Fluid immiscibility in natural processes: use and misuse of fluid inclusion data. *Chem Geol* 37, pp. 29-48.
- Roedder, E., 1984. Fluid inclusions. Reviews in Mineralogy 12, RIBBE P.H. (ed.) *Mineralogical Society of America*, 646 p.
- Saunite, D.M.; Bello, R.M.S.; Andrade, F.R.D.; Szabó, G.A.J. 2009. Estudo de inclusões fluidas em minerais de jazidas de talco do Grupo Itaiacoca, PR/SP. In: *XI Simpósio de Geologia do Sudeste, São Pedro, SP. Anais do XI Simpósio de Geologia do Sudeste*, 2009. v. 1. p.86.

- Schärer, U.; de Parseval, P.; Polvé, M.; Saint Blanquat, M. 1999. Formation of the Trimouns talc-chlorite deposit (Pyrenees) from persistent hydrothermal activity between 112 and 97 Ma. *Terra Nova* **11** (1) pp. 30-37.
- Shepherd, T.J.; Rankin, A.H.; Alderton, D.H.H., 1985. A practical guide to fluid inclusions studies. Blackie and Son Ltda, New York, 239 p.
- Shin, D.; Lee, I. 2002. Carbonate-hosted talc deposits in the contact aureole of an igneous intrusion (Hwanggangri mineralized zone, South Korea): geochemistry, phase relationships, and stable isotope studies. *Ore geol. rev.* (22) 17-39
- Shin, D.; Lee, I., 2006. Fluid inclusions and their stable isotope geochemistry of the carbonate-hosted talc deposits near the Cretaceous Muamsa Granite, South Korea. *Geochim J.* **40**, 69-85.
- Siga Junior, O.; Basei, M.A.S.; Passarelli, K.; Sato, K.; Cury, L.F., McReath, I. 2009. Lower and Upper Neoproterozoic magmatic records in Itaiacoca Belt (Paraná-Brazil): Zircon ages and lithostratigraphy studies. *Gondwana Res* **15**: 197-208
- Sobanski A., Giusti D.A., Chodur N.L., 1984. As jazidas de talco de Abapã, município de Castro (PR). In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 33., 1984. Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro:SBG. v. 8, p. 3799-3808.
- Sorby, H.C., 1858. On the microscopic structure of crystals, indicating the origin of minerals and rocks. *Quart. Jour. Geol. Soc. London*, 14(1): 453-500.
- Szabó, G.A.J.; Andrade, F.R.D.; Guimarães, G.B.; Carvalho, F.M.S.; Moya, F.A. 2006. As jazidas de talco no contexto da história metamórfica dos metadolomitos do Grupo Itaiacoca, PR. *Geologia – Série Científica, IGc-USP*.
- Tornos, F.; Spiro B.F. 2000. The geology and isotope geochemistry of the talc deposits of Puebla de Lillo (Cantabrian Zone, Northern Spain). *Econ Geol.* **95**:1277-1296.
- Vityk, M.O., Bodnar, R.J., 1995. Textural evolution of synthetic fluid inclusions in quartz during reequilibration, with applications to tectonic reconstruction. *Contrib. Mineral. Petrol.* **121**: 309-323.
- Wilkinson, J. J. 2001. Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits. *Lithos*, **55** (1-4): 229-272

Anexos

Anexo A: Tabelas com dados microtermométricos e parâmetros calculados através das equações de estado presentes nos pacotes de *softwares* FLUIDS e CLATHRATES (Bakker, 1997; 2003) para inclusões fluidas das amostras estudadas.

Anexo B: Resumo publicado no XI Simpósio de Geologia do Sudeste.

Tabela A-1: Dados microtermométricos e parâmetros calculados pelas equações de estado dos pacotes Fluids e Clathrates de Bakker (1997, 2003) para a amostra PTI 55D-campo C-1-A

IF	TfCO2	TCl	ThCO2	hom. Tipo	ThTot	hom. Tipo	VCO2/Vtot	tipo de inclusão	dCO2	dtotal	XH2O	XCO2	XNaCl	salinidade
1	-56,8	8,7	30	L	269	g	80	CO2+H2O	0,593648	0,674543	0,476275	0,517227	0,006498	2,165802
2	-56,8	8,9	29,9	L	295,4	g	70	CO2+H2O	0,598046	0,718392	0,602175	0,391087	0,006738	1,783252
3	-56,7	8,7	29,8	L	288,9	g	70	CO2+H2O	0,6022	0,720977	0,59924	0,392585	0,008176	2,165720
4	-57	8,7	29,9	L	276,8	g	75	CO2+H2O	0,598046	0,698066	0,542988	0,449604	0,007408	2,165720
5	-56,9	8,5	30,5	L	267,6	g	85	CO2+H2O	0,565873	0,63055	0,404021	0,589473	0,006506	2,546270
6	-56,9	8,5	30	L	265,1	g	90	CO2+H2O	0,593648	0,633988	0,291824	0,703477	0,0047	2,546270
7	-56,9	8,9	30,2	L	298,8	g	60	CO2+H2O	0,583935	0,750041	0,699156	0,29302	0,007824	1,783252
8	-56,9	8,7	30	L	213,5	g	85	CO2+H2O	0,593648	0,654319	0,393804	0,600824	0,005372	2,165720
9	-56,9	8,5	29,9	L	287,7	g	75	CO2+H2O	0,598046	0,697797	0,541736	0,44954	0,008724	2,546270
10	-56,9	9,7	29,9	L			85	CO2+H2O	0,598046	0,658865	0,396658	0,602768	0,000574	0,233955
11	-56,9		30,9	L			90	CO2+H2O						
12	-56,9	8,5	30,4	L	217	g	80	CO2+H2O	0,572522	0,657428	0,48383	0,508379	0,00779	2,546270
13	-56,9	8,7	29,1	L	244,2	g	80	CO2+H2O	0,626549	0,700864	0,463368	0,530311	0,006322	2,165720
14	-56,9		30,7	L	197,2	g	85	CO2+H2O						
15	-56,9	8,3	29,9	L			90	CO2+H2O	0,598046	0,63784	0,289656	0,704966	0,005378	2,924916
16	-56,9	8,7	30	L	222,3	g	90	CO2+H2O	0,593648	0,634096	0,292504	0,703506	0,00399	2,165720
17	-56,9		30,7	L			90	CO2+H2O						
18	-57						90	CO2+H2O						
19	-56,9	8,7	29,9	L	258,8	g	85	CO2+H2O	0,598046	0,658058	0,392093	0,602558	0,00535	2,165720
20	-56,9	8,3	30,1	L	218,5	g	90	CO2+H2O	0,588963	0,629664	0,292751	0,701813	0,005436	2,924916
21	-56,8	8,5	30	L	219,6	g	90	CO2+H2O	0,593648	0,633988	0,291824	0,703477	0,0047	2,546270
22					250,1	g		CO2+H2O						
23					230,4	g		CO2+H2O						

Tabela A-3: Dados microtermométricos e parâmetros calculados pelas equações de estado dos pacotes Fluids e Clathrates de Bakker (1997, 2003) para a amostra PTI 55D-campo A-1-A

IF	tipo	TfCO2	Tfd	ThCO2	tipo hom.	Thtotal	tipo hom.	VCO2Vtot	dCO2	dtotal	XH2O	XCO2	XNaCl	salinidade
1	CO2+H2O	-57,1	9,3	30,4	g			70	0,364599	0,555625	0,707895	0,287643	0,004462	1,01239
2	CO2+H2O	-57,1	7,7	30,9	g			85	0,413896	0,500726	0,473724	0,513954	0,012322	4,04957
3	CO2+H2O	-57,1		31	L			90						
4	CO2+H2O	-57,1		30,9	g			85						
5	CO2+H2O	-57		30,7	g			90						
6	CO2+H2O	-57	8,7	30,8	g			70	0,397884	0,577928	0,686404	0,304232	0,009364	2,165608
7	CO2+H2O	-57,1	8,7	30,9	g			75	0,413896	0,559953	0,62651	0,364942	0,008548	2,165873
8	CO2+H2O	-57	8,3	30,9	g			85	0,413896	0,501208	0,477025	0,514117	0,008858	2,924884
9	CO2+H2O	-57,1	8,3	30,9	g			85	0,413896	0,501208	0,477025	0,514117	0,008858	2,924884
10	CO2+H2O	-57,1	7,9					95						
11	CO2+H2O	-57,1	7,7					90						
12	CO2+H2O	-57,1	8,1	30,9	L			95	0,521732	0,545391	0,182213	0,813953	0,003834	3,301407
13	CO2+H2O	-57	8,3	30,7	L			90	0,549335	0,593999	0,307066	0,687232	0,005702	2,92489
14	CO2+H2O	-57,1												
15	CO2+H2O	-57,1						85						
16	CO2+H2O	-57						95						
17	CO2+H2O	-57		28,7	g									
18	CO2+H2O	-57,1		30,2	L			45						
19	CO2+H2O	-57						90						

Tabela A-4: Dados microtermométricos e parâmetros calculados pelas equações de estado dos pacotes Fluids e Clathrates de Bakker (1997, 2003) para a amostra PTI 55D-campo B-1-A

IF	tipo	TfCO2	Tfcl	ThCO2	tipo hom.	Thtotal	tipo hom.	VCO2/Vtot	Te	Tfg	dCO2	dtotal	XH2O	XCO2	XNaCl	salinidade
1	CO2+H2O	-57	8,3	5,4	g			95			0,116115	0,159398	0,49586	0,497323	0,006818	2,18311
2	CO2	-57,1		-0,2	g			98								
3	CO2	-57,1		-3,2	g			98								
4	CO2+H2O	-57		1,4	g			99								
5	CO2+H2O	-57	9,9	3,8	g			80			0,110259	0,289994	0,824518	0,174973	0,000508	0,1
6	CO2+H2O	-57,1	9,9	6,9	g			98			0,121939	0,139687	0,278367	0,721461	0,000168	0,1
7	CO2+H2O	-57,1	10	15,7	g			95			0,164834	0,207055	0,420432	0,579568	0	0
8	CO2+H2O	-57,2	8,2					80								
9	CO2+H2O	-57,1	9,3	12,2	g			95			0,145661	0,188445	0,442764	0,554445	0,002792	1,012513
10	CO2	-57,1		10,4	g			97								
11								85								
12	CO2+H2O	-57		31,1	L			30	-45,7	-1,4						
13	CO2	-57						90								
14	CO2+H2O	-57,1						95								

Tabela A-5: Dados microtermométricos e parâmetros calculados pelas equações de estado dos pacotes Fluids e Clathrates de Bakker (1997, 2003) para a amostra PTI 55D-campo A-2a-A

IF	tipo	TfCO2	Tfcl	ThCO2	tipo hom.	Thtotal	tipo hom.	VCO2/Vtot	dCO2	dtotal	XH2O	XCO2	XNaCl	salinidade
1	CO2+H2O	-58,2	9,1	31	L	296,5	CO2	85	0,391912	0,483166	0,494577	0,501099	0,004324	1,398751
2	CO2+H2O	-58	8	31	L	268,9	CO2	85	0,391912	0,482281	0,48833	0,500788	0,010882	3,489599
3	CO2+H2O	-58,1	9,1	31	L	277,5	CO2	90	0,391912	0,452748	0,384646	0,61199	0,003364	1,398854
4	CO2+H2O	-58,1		31	L			95						
5	CO2+H2O	-58	8,5	30,9	L	266,3	CO2	90	0,521732	0,569264	0,318634	0,676235	0,00513	2,54627
6	CO2+H2O	-58		31	L			95						
7	CO2+H2O	-58	8,3	30,9	L	425,4	CO2	75	0,521732	0,640293	0,572097	0,41728	0,010624	2,924916
8	CO2+H2O	-58	9,9	30,9	L	265,4	CO2	70	0,521732	0,666246	0,638804	0,361046	0,00015	0,038082
9	CO2+H2O	-58	8,3	30,9	L			90	0,521732	0,569156	0,317894	0,676203	0,005904	2,924916
10	CO2+H2O	-57,8		30,4	L			95						
11	CO2+H2O	-57,8	8,5	31	g	314,8	CO2	85	0,391912	0,482683	0,491161	0,50093	0,00799	2,54627
12	CO2+H2O	-57,9		31	g			90						
13	CO2+H2O	-58	8,3	30,9	L	366,1	CO2	80	0,521732	0,616581	0,504817	0,485808	0,009374	2,924916
14	CO2+H2O	-58	9,9	30,8	L	292,2	CO2	70	0,538068	0,677861	0,632052	0,3678	0,000148	0,0028082
15	CO2+H2O	-57,8	8,9	31	L			90	0,391912	0,452641	0,383756	0,61195	0,004294	1,783252
16	CO2+H2O	-57,8	8,3	31	g	328,2	CO2	75	0,391912	0,542929	0,6353	0,352903	0,011798	2,924916
17	CO2+H2O	-57,8	9,6	30,8	L	290,5	CO2	75	0,538068	0,654293	0,573548	0,424297	0,001524	0,429333
18	CO2+H2O					347,3	CO2	75						
19	CO2+H2O	-57,8						90						
20	CO2+H2O	-57,8						98						

Tabela A-6: Dados microtermométricos e parâmetros calculados pelas equações de estado dos pacotes Fluids e Clathrates de Bakker (1997, 2003) para a amostra PTI 55D-campo A-2a-A2

IF	tipo	TfCO2	Tfcl	ThCO2	tipo hom.	Thtotal	tipo hom.	VCO2/Vtot	dCO2	dtotal	XH2O	XCO2	XNaCl	salinidade
1	CO2+H2O	-57,3	9	31	L	298	CO2	85	0,391912	0,483086	0,494006	0,501071	0,004924	1,591295
2	CO2+H2O	-57,3	9	31	L	308,6	CO2	80	0,391912	0,513477	0,576369	0,417887	0,005744	1,591295
3	CO2+H2O	-57,4	9	31	L	284,1	CO2	85	0,391912	0,483086	0,494006	0,501071	0,004924	1,591295
4	CO2+H2O	-57,3		31	L	290,3	CO2	75						
5	CO2+H2O	-57,3	7,7	31	L	295,4	CO2	85	0,391912	0,48204	0,486637	0,500705	0,012658	4,04954
6	CO2+H2O	-57,4	9	31	L	251,9	CO2	90	0,391912	0,452694	0,384201	0,61197	0,003828	1,591295
7	CO2+H2O	-57,3	9,2	31	L	258	CO2	85	0,391912	0,483247	0,495148	0,501127	0,003724	1,205297
8	CO2+H2O	-57,3	9,2	31	L	253	CO2	90	0,391912	0,452802	0,385092	0,612011	0,002898	1,205927
9	CO2+H2O	-57,3	9,6	31	L	267,7	CO2	85	0,391912	0,48357	0,497438	0,50124	0,001322	0,429333
10	CO2+H2O	-57,4	8,6	31	L	312	CO2	75	0,391912	0,543331	0,637496	0,353023	0,00948	2,356234
11	CO2+H2O	-57,4	9	31	L	298,4	CO2	80	0,391912	0,513477	0,576369	0,417887	0,005744	1,591295
12	CO2+H2O	-57,4	7,6	30,9	L	234,3	CO2	90	0,521732	0,568782	0,315316	0,676089	0,008594	4,235344
13	CO2+H2O	-57,4	8,9	31	L	266,3	CO2	85	0,391912	0,483005	0,493436	0,501043	0,005522	1,783252
14	CO2+H2O	-57,4	8,9	31	L	266,2	CO2	85	0,391912	0,483005	0,493436	0,501043	0,005522	1,783252
15	CO2+H2O	-57,4	9	30,9	L	264,8	CO2	90	0,521732	0,569532	0,320489	0,676317	0,003194	1,591295
16	CO2+H2O	-57,4	9	31	L	293,7	CO2	90	0,391912	0,452694	0,384201	0,61197	0,003828	1,591295
17	CO2+H2O	-57,1	8,7	30,9	L	309,1	CO2	75	0,521732	0,64083	0,574741	0,417418	0,007842	2,16527
18	CO2+H2O	-57,1	9	31	L	302,2	CO2	85	0,391912	0,483086	0,494006	0,501071	0,004924	1,591295
19	CO2+H2O	-57,1	9,2	30,9	L	309,1	CO2	75	0,521732	0,641502	0,57806	0,417592	0,004348	1,205927
20	CO2+H2O	-57,1	9	30,9	L	314	CO2	70	0,521732	0,665133	0,63296	0,360732	0,006308	1,591295
21	CO2+H2O	-57,1	9,2	31	L	301,2	CO2	80	0,391912	0,513692	0,577698	0,417956	0,004346	1,205297
22	CO2+H2O	-57,1	9,2	31	L	269,3	CO2	85	0,391912	0,483247	0,495148	0,501127	0,003724	1,205297
23	CO2+H2O	-57,1		31	L			95						
A	CO2+H2O					239,7	H2O	?						
B	CO2+H2O					268,1	CO2	90						
C	CO2+H2O					304,1	CO2	90						

Tabela A-7: Dados microtermométricos e parâmetros calculados pelas equações de estado dos pacotes Fluids e Clathrates de Bakker (1997, 2003) para a amostra PTI 22BG

IF	tipo	Te	Tfg	Thtotal	Tipo hom.	Vapor/Vtotal	dtotal	XH2O	XNaCl	Salin.
1	H2O	-53	-10,4	114,1	L	10,5	1,031832	0,908916	0,091084	13,986003
2	H2O	-51,3	-11,1	105,1	L	10,2	1,043138	0,904268	0,095732	14,659547
3	H2O	-49,1	-10,5	110,8	L	10,4	1,034761	0,908244	0,091756	14,083626
4	H2O	-53,5	-10,9	109,8	L	10,4	1,038414	0,905582	0,094418	14,469518
5	H2O	-50,2	-11,1							
6	H2O	-53,8	-9,8							
7	H2O	-50,9	-10,9							
8	H2O	-50,7	-10,8	108,8	L	10,3	1,038343	0,906242	0,093758	14,373952
9	H2O	-52,9	-9,8	110,4	L	10,1	1,029834	0,913022	0,086978	13,387924
10	H2O	-54,1	-10,9	110,5	L	10,5	1,037939	0,905582	0,094418	14,469518
11	H2O	-50,4	-11	110,6	L	10,5	1,038617	0,904924	0,095076	14,564721
12	H2O	-48,1	-10,9	110	L	10,4	1,038279	0,905582	0,094418	14,469518
13	H2O	-48	-10,7	109,3	L	10,3	1,037257	0,906906	0,093094	14,277731
14	H2O	-51,5	-10,1	110,2	L	10,2	1,032189	0,910954	0,089046	13,689504
15	H2O	-48,7	-10,8	109,1	L	10,3	1,038141	0,906242	0,093758	14,373952
16	H2O	-52,6	-9,9	113	L	10,3	1,028890	0,912328	0,087672	13,489192
17	H2O	-53,4	-10,7	115,1	L	10,7	1,033357	0,906906	0,093094	14,277731
18	H2O	-53,1	-11	113,2	L	10,6	1,036844	0,904924	0,095076	14,564721
19	H2O	-53,8	-7,3	149,5	L	11,4	0,986764	0,931444	0,068556	10,668425
20	H2O	-51,5	-10,8	107,1	L	10,2	1,039492	0,906242	0,093758	14,373952
21	H2O	-49,4	-10,2	114,1	L	10,5	1,030368	0,910272	0,089728	13,788804
22	H2O	-49,1	-10,1	123,8	L	11	1,023261	0,910954	0,089046	13,689504
23	H2O	-50,8	-10,9	109,6	L	10,4	1,038550	0,905582	0,094418	14,469518
24	H2O	-52,3	-11	107,9	L	10,3	1,040459	0,904924	0,095076	14,564721
25	H2O	-48,3	-10,1	111,9	L	10,3	1,040459	0,904924	0,095076	14,564721
26	H2O	-49	-10,7							
27	H2O	-49,5								
28	H2O	-51,6	-10,6							
29	H2O	-50,3	-10,8							
30	H2O	-53,1	-10,7							
31	H2O	-52,4								
32	H2O	-51,9	-10,6							
33	H2O	-50,4								
34	H2O	-53,4	-11							
35	H2O	-53,2	-10,2							

Tabela A-8: Dados microtermométricos e parâmetros calculados pelas equações de estado dos pacotes Fluids e Clathrates de Bakker (1997, 2003) para a amostra PTI 22CJ-campo 1-A

IF	tipo	Te	Tfg	Thtotal	tipo hom.	Vvapor/Vtotal	dtotal	XH2O	XNaCl	Salinidade
1	H2O	-24,8	-0,9	160,1	L	9,1	0,922479	0,990158	0,009842	1,587218
2	H2O	-20,9	-1,4	159,7	L	9,3	0,928233	0,984961	0,01504	2,417719
3	H2O	-22,7	-0,9	173,8	L	10,4	0,908889	0,990158	0,009842	1,587218
4	H2O	-21,6	-1,3	159,1	L	9,2	0,92772	0,985994	0,014006	2,25294
5	H2O		-1,3	157,7	L	9	0,928993	0,928993	0,014006	2,25294
6	H2O	-17,5	-1,5							
7	H2O	-11,9	-1,5	158,8	L	9,2	0,930099	0,983931	0,016068	2,581341
8	H2O	-19,7	-1,8	181,9	L	11,5	0,911186	0,980964	0,019136	3,068413

Tabela A-9: Dados microtermométricos e parâmetros calculados pelas equações de estado dos pacotes Fluids e Clathrates de Bakker (1997, 2003) para a amostra PTI 22CJ-campo 2-A.

IF	tipo	Te	Tfg	Thtotal	tipo hom.	Vvapor/Vtotal	dtotal	XH2O	XnaCl	Salinidade
1	H2O	-19,3		153,3	L					
2	H2O	-19,7	-1,1	163,4	L	9,5	0,921543	0,98807	0,01193	1,932905
3	H2O	-14,4	-1	136,6	L	7,1	0,943888	0,989113	0,010888	1,764195
4	H2O	-16,2	-1		L					
5	H2O	-18,1	-1	148,6	L	8,1	0,933943	0,989113	0,010884	1,764195
6	H2O		-1,1	162,4	L	9,4	0,922494	0,98807	0,01193	1,932905
7	H2O	-13	-1,3		L					
8	H2O	-21,1		118,9	L					
A	H2O			164,8	L					

ESTUDO DE INCLUSÕES FLUIDAS EM MINERAIS DE JAZIDAS DE TALCO DO GRUPO ITAIACOCA, PR/SP.

Danilo Marques Saunite¹; Rosa Maria da Silveira Bello²; Fábio Ramos Dias de Andrade²; Gergely Andr s Julio Szab ²

¹ Aluno de Graduação IGc/USP – São Paulo (saunite@usp.br); ² Departamento de Mineralogia e Geotectônica IGc/USP – São Paulo

O Grupo Itaiacoca (PR/SP) ocorre numa faixa alongada segundo N40E e é composto por rochas metassedimentares de baixo grau, incluindo metadolomitos, além de rochas metavulcânicas meso- a neoproterozoicas. Limita-se a E-SE com o Complexo Granítico Três Córregos através da Zona de Cisalhamento Itapirapuã, e a NW com o Complexo Granítico Cunhaporanga (CGC), em contato intrusivo. Concentra as maiores reservas de talco do Brasil, cuja g nese ainda é controversa. O modelo adotado neste trabalho é o de interação de fluidos aquosos ricos em sílica e rochas dolomíticas, em duas condições distintas: em zonas de cisalhamento transcorrente, onde ocorrem talco xistos e talco maciço em planos de descontinuidade estrutural na periferia das zonas de cisalhamento regionais. No contato com o CGC ocorre talco retrometam rfico, em bolsões, cristalizado a partir de tremolita, em concentrações subecon micas.

Foram estudadas inclusões fluidas em quartzo e calcita, principais subprodutos da talcificação dos dolomitos, com ênfase nos depósitos associados às zonas de cisalhamento. Inclusões fluidas primárias e secundárias, presentes em carbonatos dos talco xistos, são aquosas bifásicas, com NaCl, CaCl₂ e/ou MgCl₂, de salinidade entre 0 e 5% em peso do NaCl eq., predominando os menores valores nas secundárias. As T_{htotal} das inclusões primárias variam de 210 a 220 C, principalmente, havendo também algumas concentrações de medidas ao redor de 130 C que corresponde ao pico de T_{htotal} das secundárias. As inclusões registram as temperaturas mínimas de aprisionamento e os re-equilíbrios posteriores, pela entrada de fluidos mais frios e menos salinos. A ausência de CO₂ nestas inclusões seria explicada pelas elevadas razões fluido:rocha, suficientes para diluir todo o CO₂ gerado nas reações metamórficas de descarbona  o.

Inclusões fluidas em veios de quartzo associados ao talco em descontinuidades estruturais nas periferias das zonas de cisalhamento são trifásicas, têm salinidade variável, mas sempre baixa ($\leq 4,2$ % em peso do NaCl eq.), e fração molar de CO₂ entre 0,17 e 0,81, indicando que neste ambiente a percolação de fluidos foi restrita, insuficiente para diluição e transporte do CO₂ gerado nas reações metamórficas. A densidade total (0,13 a 0,75g/cm³) e da fase volátil (0,11 a 0,62g/cm³), bem como as razões VCO₂/V_{total} (60 a 98), foram também bem variáveis. Não foram observadas evidências de imiscibilidade nem feições significativas de modificações posteriores, sendo as variações observadas possivelmente decorrentes de um processo de mistura das soluções aquosas com proporções variáveis do CO₂ proveniente das reações de descarbona  o, porém em condições homogêneas, acima da curva *solvus* para o sistema. As temperaturas mínimas de aprisionamento (200 C a 350 C) evidenciam a existência de re-equilíbrios durante a cristalização do quartzo hospedeiro, os quais teriam ocorrido após o pico térmico e a formação do talco, com o decréscimo de temperatura.

Os resultados obtidos até agora corroboram o modelo adotado. A origem dos depósitos de talco estaria, portanto, relacionada à infiltração de soluções hidrotermais, ricas em sílica, nas zonas de cisalhamento, com formação de talco e remoção do cálcio e CO₂. Estas teriam constituído canais de percolação de grandes volumes de fluidos em movimento ascendente devido ao gradiente geotérmico relativamente alto da região. Esse processo foi menos eficiente onde a percolação restrita teria permitido a retenção de parte desses componentes. *Agradecimentos: FAPESP (2005/55551-5), Vale.*

DOAÇÃO _____
<i>TGL-059</i>
Data: <i>05/02/10</i>

