

MARIANA SAVIETTO PAGOTTI

ANÁLISE PETROGRÁFICA DA FORMAÇÃO MARÍLIA NO  
MUNICÍPIO DE QUINTANA-SP

RIO CLARO, SP

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“Júlio de Mesquita Filho”  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Câmpus de Rio Claro

MARIANA SAVIETTO PAGOTTI

ANÁLISE PETROGRÁFICA DA FORMAÇÃO MARÍLIA NO MUNICÍPIO  
DE QUINTANA- SP

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geociências e Meio Ambiente

Orientadora: Profa. Dra. Maria Rita Caetano Chang

RIO CLARO, SP  
2016

552 Pagotti, Mariana Savietto  
P139a Análise petrográfica da Formação Marília no município de  
Quintana-SP / Mariana Savietto Pagotti. - Rio Claro, 2016  
128 f. : il., figs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Orientadora: Maria Rita Caetano Chang

1. Petrologia. 2. Bário. 3. Sistema Aquífero Bauru. I.  
Título.

MARIANA SAVIETTO PAGOTTI

ANÁLISE PETROGRÁFICA DA FORMAÇÃO MARÍLIA NO MUNICÍPIO DE  
QUINTANA- SP

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em

Comissão Examinadora

Profa. Dra. Maria Rita Caetano Chang  
IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)

Prof. Dr. Paulo Milton Barbosa Landim  
IGCE / UNESP/Rio Claro (SP)

Prof. Dr. Emilio Carlos Prandi  
Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo / Marília (SP)

**RESULTADO: APROVADA**

Rio Claro, SP 29 de fevereiro de 2016

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Ana Maria e Valdir, vocês são os responsáveis por essa conquista. Obrigada pelo apoio nos momentos difíceis, pelos abraços e sorrisos, e pelo amor incondicional. Amo vocês.

À minha orientadora Maria Rita pela paciência, incentivo e dedicação no desenvolvimento deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

À Márcia Stradioto, pela ajuda para realizar as análises no MEV.

Ao meu namorado Rodox, por me fazer sorrir nos momentos difíceis, pelo amor, paciência, apoio e incentivo durante todos esses anos.

Aos colegas do laboratório de Recuperação de Áreas Impactadas por Hidrocarboneto, RAIH, com que tive contato durante esses anos.

Aos meus amigos que sempre estiveram presente em minha vida, Lari, Renato, Sarita, Jú (Lora), Mazinha, Pepê e Gerbson.

Aos meus gatos, Tom e Margot, pelo amor sincero que apenas um animal de estimação pode oferecer.

E a todos que em algum momento me apoiaram e me ajudaram e não foram aqui citados.

## RESUMO

O Sistema Aquífero Bauru estende-se por cerca de 40% do estado de São Paulo, sendo umas das principais fontes de exploração de água subterrânea do estado; abastece integralmente 32,5% de seus municípios, abrangendo a maior parte do Planalto Ocidental Paulista. Nesse sistema destaca-se o Aquífero Marília, dado tratar-se de aquífero raso cuja exploração é menos onerosa. O presente estudo teve como objetivo a caracterização petrográfica dos arenitos da Formação Marília no município de Quintana, São Paulo, a fim de identificar possíveis minerais portadores de bário em sua estrutura, uma vez que estudos realizados em águas do Sistema Aquífero Bauru identificaram a presença desse elemento acima dos limites de potabilidade estipulados pela CETESB. Para a caracterização petrográfica foram analisadas lâminas delgadas em microscópio óptico, por difratometria de raio-X e microscopia eletrônica de varredura. Os arenitos são classificados como subarcóseos, de acordo com a classificação de Folk, sendo constituídos principalmente por quartzo e feldspato e, em menor quantidade, por fragmentos líticos e minerais acessórios. Os principais tipos de cimento observados são carbonatos, óxidos-hidróxidos de ferro e argilominerais. Por meio da microscopia eletrônica de varredura, identificou-se a presença de bário no cimento carbonático, o que suporta a ocorrência desse elemento nas águas do Aquífero Marília.

Palavras- chaves: Formação Marília, análise petrográfica, bário.

## **ABSTRACT**

The Bauru Aquifer System covers approximately 40% of São Paulo State and it is one of the major sources of groundwater in the state, responsible for water supply to 32.5% of its municipalities, extending over most of the São Paulo Western Plateau. The present research focused on the petrographic characterization of Marília Formation sandstones, in the city of Quintana, São Paulo, in order to identify potential minerals containing barium in its structure, since previous studies of Bauru Aquifer System waters have reported the presence of barium exceeding the potability limit of CETESB. Petrographic analyses were executed using optical microscopy, X-ray diffraction and scanning electron microscopy. The sandstones are classified as subarkose according to Folk classification and are mainly composed of quartz and feldspar; in minor amounts are composed of lithic fragments and accessory minerals. The main types of cement observed are carbonates, iron oxides and clays. Under scanning electron microscope it was identified the presence of barium in the carbonate cement, which support its occurrence in the waters of the Marília Aquifer.

Keywords: Marília Formation, petrographic characterization, barium.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de localização da área de estudo.....	10
Figura 2- Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Aguapei .....	13
Figura 3- Mapa geológico do Grupo Bauru e sua distribuição no estado de São Paulo .....	14
Figura 4- Unidades estratigráficas do Grupo Bauru no estado de São Paulo .....	16
Figura 5- Subdivisão hidroestratigráfica do Sistema Aquífero Bauru .....	20
Figura 6- Perfil geológico do poço na cidade de Quintana.....	22
Figura 7- Difração de raios X sobre planos de átomos .....	24
Figura 8- Componentes básicos de um microscópio eletrônico de varredura (MEV)	27
Figura 9- Classificação dos arenitos da Formação Marília.....	37
Figura 10- Mineral de quartzo predominam amplamente em arenitos da Formação Marília (Lâmina QT 05 - A: nicóis paralelos; B: nicóis cruzados) (Lâmina QT 15 - C: nicóis paralelos; D: nicóis cruzados) .....	38
Figura 11- Feldspato potássico F (Lâmina QT 37 - A: nicóis paralelos; B: nicóis cruzados); plagioclásio P (Lâmina QT 24 - C: nicóis paralelos; D: nicóis cruzados) e Albita (E) sendo dissolvida. ....	39
Figura 12- Feldspato potássico sendo dissolvido e precipitação de calcita (foto A e B) cristal de albita sendo dissolvido e precipitação de calcita (foto D- ponto 001 albita, pontos 002, 003, e 004 calcita) .....	40
Figura 13- Fragmento de micrito na lâmina QT-26 (A:nicóis paralelos; B:nicóis cruzados).....	41
Figura 14- Zircão (lâmina QT-19 A: nicóis paralelos, B: nicóis cruzados); moscovita (lâmina QT-22 C: nicóis paralelos, D: nicóis cruzados); e rutilo (E) arenitos da Formação Marília .....	41
Figura 15- Quartzo e feldspato potássico envoltos por cutículas de argilominerais (Lâmina QT 09 - A: nicóis paralelos, B: nicóis cruzados; Lâmina QT10- C: nicóis paralelos, D: nicóis cruzados) . ....	42
Figura 16- Difratoograma mostrando a presença de illita, montmorilonita e caulinita na matriz de arenitos da Formação Marília (Amostra 5) .....	43
Figura 17- Arenitos da Formação Marília mostrando: A- quartzo envolto por illita; B - película de montmorilonita em torno de grãos do arcabouço.....	43



Figura 18- Intensa cimentação carbonática em arenitos da Formação Marília: Calcita (Lâmina QT-06 - A: nicóis paralelos; B: nicóis cruzados) e Dolomita (Lâmina QT-36 - C: nicóis paralelos; D: nicóis cruzados).....	44
Figura 19- A: Calcita (001) envolta por montmorilonita (002); B: Quartzo (001) envolto por calcita (002 e 003) .....	45
Figura 20- Difratoograma da amostra 4 mostrando a presença de dolomita .....	45
Figura 21- Quartzo envolto por cimentação carbonática, onde o cálcio está sendo substituído por bário.....	46
Figura 22- Cimentação ferruginosa em arenitos da Formação Marília (LâminaQT-13 - A: nicóis paralelos; Lâmina QT-07 – B :nicóis paralelos; Lâmina QT-29, C: nicóis paralelos).....	47
Figura 23- Cimentação ferruginosa (001 e 002) preenchendo os poros do arenito. .	47
Figura 24- Argilominerais preenchendo os poros da lâmina QT 03 (A: nicóis paralelos B:nicóis cruzados).....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Relação de lâminas analisadas e respectivas profundidades .....	23
Tabela 2- Relação das amostras submetidas a difração de raio-X .....	24
Tabela 3- Relação das amostra submetidas ao MEV .....	26
Tabela 4- Síntese das descrições das lâminas petrográficas de arenitos da Formação Marília .....	29

## Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	10
3 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA .....	11
4 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS .....	12
4.1 Geomorfologia .....	12
4.2 Hidrografia.....	12
4.3 Clima.....	13
5.1 Formação Marília .....	17
5.1.1 Litoestratigrafia.....	17
5.1.2 Ambiente paleodeposicional.....	18
6 HIDROGEOLOGIA E HIDROQUÍMICA DO AQUÍFERO MARÍLIA.....	19
6.1 Hidrogeologia .....	19
6.2 Hidroquímica.....	20
7 MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
7.1 Microscopia Óptica .....	23
7.2 Difração de Raios X.....	23
7.3 Microscópio Eletrônico de Varredura.....	25
8 RESULTADOS DA ANÁLISE PETROGRÁFICA .....	28
8.1- Composição Mineralógica do Arcabouço dos Arenitos .....	37
8.1.1 Quartzo.....	38
8.1.2- Feldspatos .....	39
8.1.3 Fragmentos líticos .....	40
8.1.4 Minerais acessórios.....	41
8.2 Matriz dos Arenitos .....	42
8.3 Cimentação nos arenitos .....	44
8.3.1 Cimento carbonático .....	44
8.3.2 Cimento ferruginoso .....	46
8.3.3 Cimento de argilominerais .....	48
8.4 Textura dos Arenitos .....	48
Bibliografia .....	50
ANEXOS .....	53
ANEXO A-Descrição das lâminas.....	54
ANEXO B- MEV .....	93

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por recursos hídricos tem evidenciado cada vez mais a importância das águas subterrâneas. Seu uso vem crescendo gradativamente desde meados dos anos 1980, em virtude tanto da deterioração da qualidade das águas superficiais, quanto da escassez dessas águas em períodos de estiagem.

O estado de São Paulo possui um grande potencial de recursos hídricos subterrâneos, sendo que seus principais aquíferos estão associados às unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná. Dentre esses, destaca-se o Sistema Aquífero Bauru (SAB), formado pelos aquíferos Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília, que ocupam área de cerca de 40% do estado de São Paulo.

Devido a sua grande abrangência, o SAB é uma das principais fontes de exploração de água subterrânea do estado, abastecendo integralmente 32,5% de seus municípios (Silva et al., 2005).

Dentre os aquíferos que compõem o SAB, destaca-se o Aquífero Marília, sendo este um aquífero livre, predominantemente arenoso, que atinge cerca de 160 m de espessura (Paula e Silva et al., 2005). Esse aquífero é amplamente explorado devido a sua proximidade com a superfície; entretanto, essa proximidade o torna mais vulnerável a contaminações.

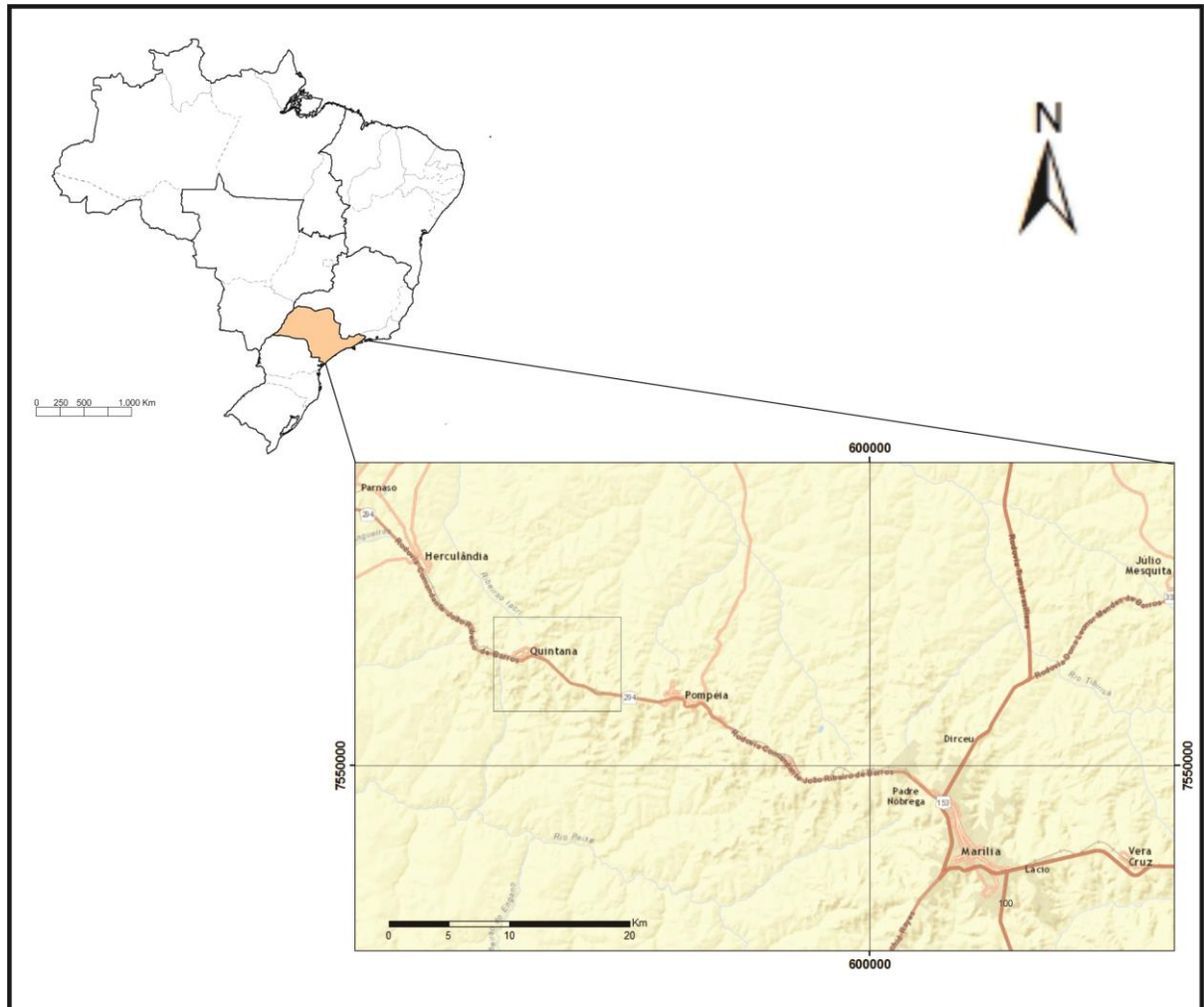
De acordo com Tavares (2013), a presença de bário vem sendo frequentemente detectada em concentrações acima dos valores de referência de qualidade e, em alguns casos, acima do valor de potabilidade (0,7 mg/L). A ocorrência de bário, em condições naturais, deve-se à dissolução de minerais que contém o elemento nas rochas que armazenam a água subterrânea. Em rochas sedimentares, ocorre na estrutura de minerais carbonáticos, feldspatos e/ou adsorvido nas argilas.

Buscando melhor compreender a petrografia da Formação Marília, bem como esclarecer a ocorrência dos valores anômalos de bário em águas do aquífero homônimo, procedeu-se à caracterização mineralógica e textural de arenitos testemunhados em poço perfurado em Quintana (SP). Para tanto, além da microscopia óptica recorreu-se à difratometria de raios X, microscopia eletrônica de varredura e espectrometria de energia dispersiva de raios X.

## 2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no município de Quintana (Figura 1), no sudoeste paulista. Dista cerca de 500 km da capital, com a rodovia SP-294 como sua principal via de acesso.

**Figura 1-** Mapa de localização da área de estudo



(Fonte: elaborado pela autora)

### **3 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA**

O Aquífero Marília é amplamente explorado no estado de São Paulo, bem como os demais aquíferos do Sistema Aquífero Bauru, haja vista sua extensão que abrange a maior parte do Planalto Ocidental Paulista e sua proximidade com a superfície, o que torna a perfuração de poços menos onerosa.

Devido à importância dessa unidade aquífera, este trabalho teve como objetivo a caracterização petrográfica (constituição mineralógica e textural) de arenitos da Formação Marília. O detalhamento do estudo petrográfico com análises via microscopia eletrônica de varredura e espectrometria de energia dispersiva de raios X teve por objetivo identificar minerais que contenham bário em sua estrutura cristalina, com vistas a diagnosticar a origem desse elemento nas águas do Aquífero Marília.

A presente proposta justifica-se pela necessidade de ampliar os conhecimentos sobre as rochas reservatórios do Aquífero Marília, em particular de sua composição mineral, de fundamental importância na compreensão da composição química de suas águas. Em particular, buscou-se entender a ocorrência de bário, elemento que pode comprometer a potabilidade dessas águas.

A presença de bário em altas dosagens afeta o sistema nervoso, causando irregularidades cardíacas, tremores, fraqueza e ansiedade. Quando em excesso no organismo, por ser vasoconstritor, pode causar hipertensão arterial, fadiga e doenças cardiovasculares (OMS, 1996).

## **4 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS**

### **4.1 Geomorfologia**

A área de estudo está localizada na Província Planalto Ocidental, na zona do Planalto Residual de Marília.

De acordo com IPT (1981), o Planalto Residual de Marília corresponde à zona mais heterogênea do Planalto Ocidental. Como os demais planaltos diferenciados, o de Marília constitui uma área dispersora de drenagem. Predominam nessa unidade formas de relevo denudacionais, cujo modelado apresenta-se na forma de colinas com topos aplainados, convexos e tabulares, que se desfazem em escarpas abruptas e festonadas, conforme se direcionam para as bordas do planalto (IPT,1981).

### **4.2 Hidrografia**

A área de estudo está localizada bacia hidrográfica do Rio Aguapeí, sendo esta uma Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) contíguas, a qual integra o Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe (CBH-AP) (Figura 2).

Essa UGRHI é caracterizada como agropecuária, com predomínio da pecuária extensiva, suinocultura, avicultura para ovos, codornicultura e produção de cana de açúcar, café, amendoim, milho, algodão e arroz.



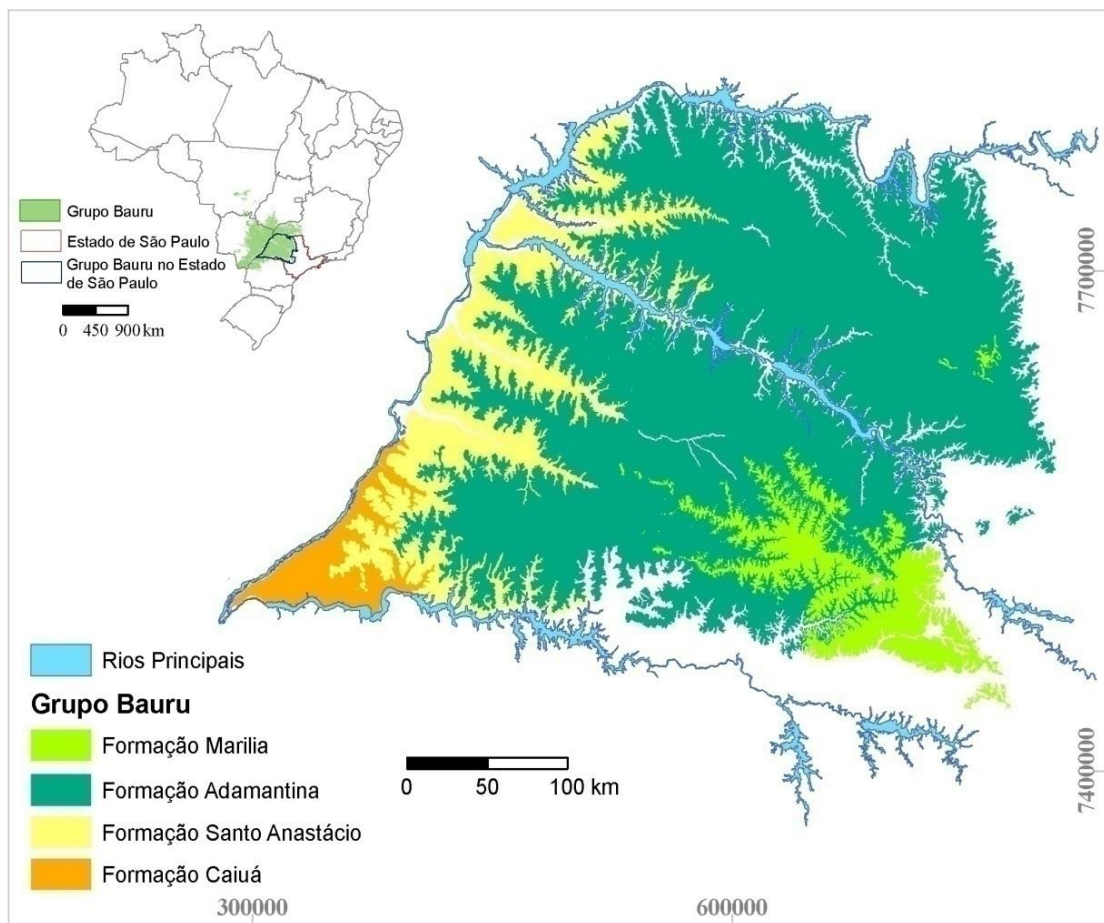


## 5 O GRUPO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO

A Bacia do Paraná, situada no centro-leste da Plataforma Sul-Americana, é uma bacia sedimentar intracratônica do tipo sinéclese, caracterizada pela ampla extensão em área (aproximadamente 1 500 000 km<sup>2</sup>) e espessura total de aproximadamente 7000 m (Hassui et al., 1989).

O Grupo Bauru originou-se a partir da subsidência na porção centro-norte da Bacia Sedimentar do Paraná, no Cretáceo Superior, devido a processos de abatimento relacionados à reativação de lineamentos do embasamento pré-cambriano, após o extensivo episódio de derrames basálticos na bacia (Hassui et al., 1989; Paula e Silva et al., 2003; 2009) (Figura 3).

**Figura 3-** Mapa geológico do Grupo Bauru e sua distribuição no estado de São Paulo



(Fonte: modificado de IPT, 1981)

No estado de São Paulo, o Grupo Bauru possui uma área de aproximadamente 117 000 km<sup>2</sup> (DAEE, 1990), sendo que seus sedimentos repousam sobre rochas basálticas da Formação Serra Geral e, localmente, sobre rochas sedimentares das formações Botucatu e Pirambóia (Suguio et al., 1977; Paula e Silva e Cavagutti, 1992, 1994.)

As rochas do Grupo Bauru são constituídas predominantemente por sedimentos siliciclásticos continentais, depositados na porção centro-sul da Plataforma Sul-Americana durante o último episódio significativo de sedimentação da bacia do Paraná. Litologicamente, essa sucessão é caracterizada por arenitos argilosos, carbonáticos ou não, siltitos, lamitos e argilitos, apresentando localmente conglomerados e camadas calcárias (DAEE,1976).

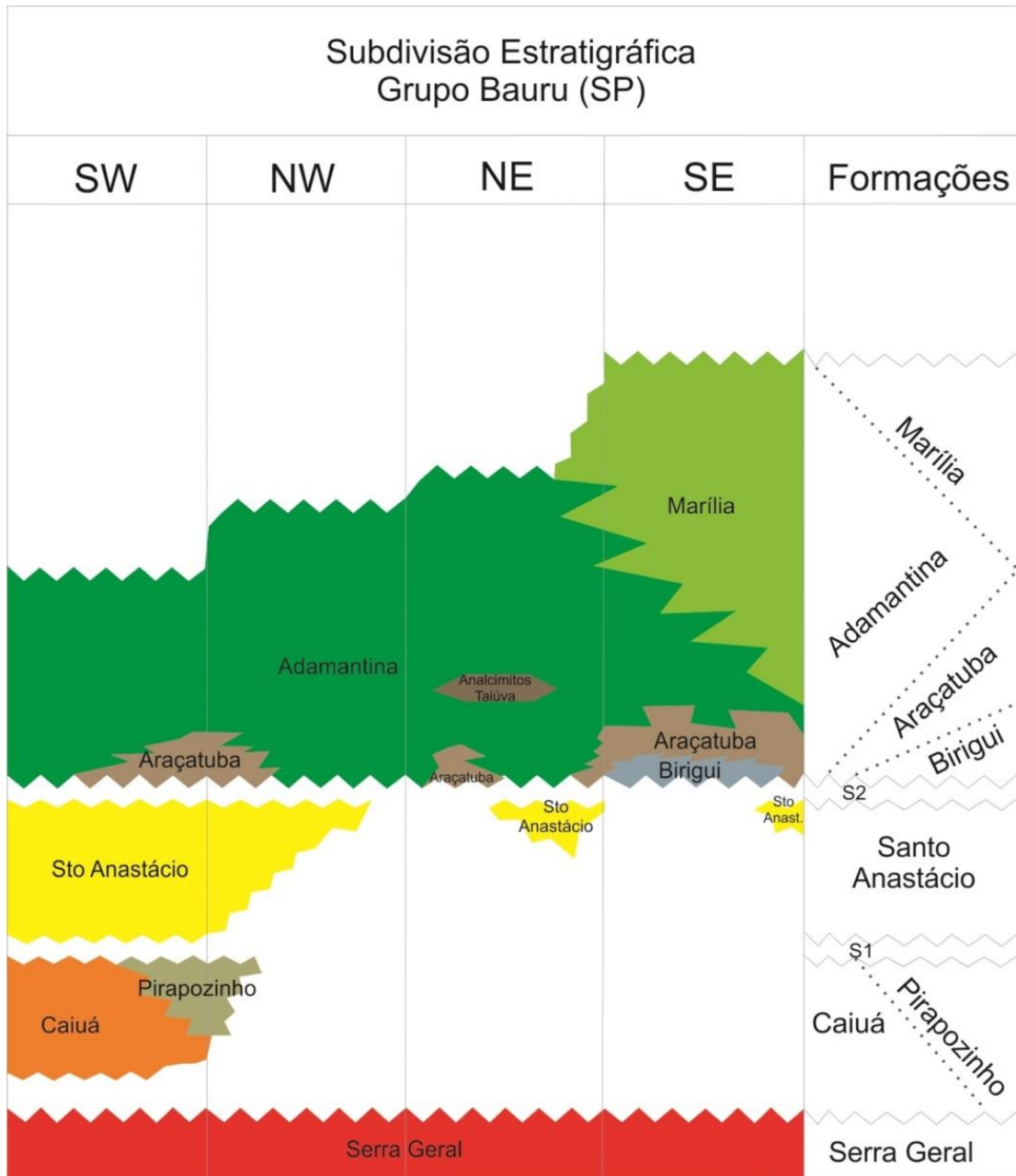
A hierarquia estratigráfica do Grupo Bauru passou por várias mudanças. A partir de estudos sobre solo no noroeste do estado de São Paulo, Setzer (1943,1948, apud IPT, 1981) apresentaram uma subdivisão da “Formação Bauru” em “Bauru Superior” e “Bauru Inferior”. Em 1953, Almeida e Barbosa propuseram a divisão da unidade em Formação Itaqueri (inferior) e Formação Marília (superior), a partir de estudos realizados nas regiões das serras de Rio Claro, Itaqueri, Santana, São Carlos e Cuscuzeiro. Mapeamentos geológicos, realizados a partir de 1975 no oeste do estado de São Paulo, permitiram uma melhor definição da estratigrafia dos depósitos suprabasálticos (IPT, 1981). A primeira subdivisão estratigráfica formal do Grupo Bauru foi apresentada por Soares et al. (1980), que distinguiu as formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília, a partir de suas características litológicas e genéticas.

Estudos de subsuperfície realizados por Paula e Silva (2003) e Paula e Silva et al. (2005) mantiveram a subdivisão proposta por Soares et al.(1980), com a inclusão da Formação Araçatuba (Suguio, 1981), e acréscimo das formações Pirapozinho e Birigui, identificadas com base em perfis geofísicos e descrição de amostras de calhas (Figura 4).

Segundo Paula e Silva et al. (2009), a sedimentação do Grupo Bauru ocorreu durante três fases principais, separadas por discordâncias, que definem três sequências deposicionais. A primeira sequência é composta pelos depósitos arenosos da Formação Caiuá e argilosos da Formação Pirapozinho. A segunda sequência deposicional foi marcada pela sedimentação dos arenitos da Formação Santo Anastácio, e a terceira sequência pelos depósitos das formações Birigui,

Araçatuba e Adamantina, com a Formação Marília constituindo o clímax da sedimentação do Grupo Bauru, associada a levantamento generalizado das bordas do embaciamento.

**Figura 4-** Unidades estratigráficas do Grupo Bauru no estado de São Paulo



(Fonte: Paula e Silva, 2003; Paula e Silva et al., 2005)

## 5.1 Formação Marília

A Formação Marília aflora na porção centro-sul do estado de São Paulo, entre os médios vales dos rios Tietê e Paranapanema, tendo ocorrência restrita comparativamente às demais unidades do Grupo Bauru (Melo, Stein & Almeida, 1982) (Figura 3).

A espessura do pacote de sedimentos dessa formação apresenta redução de norte para sul (IPT, 1981). Em Marília, atinge a espessura máxima de 160 m e, em Monte Alto, de aproximadamente 150 m; em ambos os casos são recobertos por sedimentos cenozoicos (Soares et al., 1980).

### 5.1.1 Litoestratigrafia

A primeira descrição formal da unidade Marília como formação foi apresentada por Soares et al. (1980), que a definiram como “uma unidade composta por arenitos grosseiros (*sic*) a conglomeráticos, com grãos angulosos, teor de matriz variável, seleção pobre, ricos em feldspatos, minerais pesados e minerais instáveis; ocorre em bancos com espessura média entre 1 e 2 m, maciços ou com acamamento incipiente, subparalelo e descontínuo, raramente apresentando estratificação cruzada de médio porte, com seixos concentrados nos estratos cruzados, raras camadas descontínuas de lamitos vermelhos e calcários são encontrados”.

Para Suguio (1980), esta formação é constituída por arenitos finos a grossos, muito imaturos e maciços, apresentando frequentes nódulos calcários.

Barcelos (1984) propôs uma subdivisão da Formação Marília em três membros: Ponte Alta, Serra da Galga e Echaporã, sendo os dois primeiros restritos à região do Triângulo Mineiro, e o último ocorrendo principalmente no Planalto Ocidental Paulista e em importantes porções nos estados de Goiás e Mato Grosso de Sul. O membro Ponte Alta é constituído por calcários formados, provavelmente, sob condições de clima semiárido, em lagos efêmeros de tipo *playa lake*. O membro Serra da Galga é constituído por arenitos conglomeráticos de baixa maturidade e seleção, e recobrem o membro Ponte Alta. O membro Echaporã é constituído por arenitos de granulação fina a grossa, frequentemente carbonáticos; possuem coloração bege, cinza claro e vermelho (quando intemperizado), com abundância de nódulos carbonáticos; apresentam calcretes que não chegam a constituir calcários

puros como no membro Ponte Alta, mas sim rochas capeadoras com cimento carbonático que controlam fortemente a geomorfologia regional.

O membro Echaporã sustenta os planaltos regionais escarpados localizados principalmente nas regiões de Marília e Monte Alto (SP) e Campina Verde (MG). Esta unidade apresenta arenitos finos a médios, imaturos, por vezes com frações grossas, grânulos e nódulos carbonáticos limitados por descontinuidades planas, associadas geralmente a níveis conglomeráticos delgados, zonas de cimentação mais intensa ou lentes lamínicas maciças (Fernandes, 1998).

### **5.1.2 Ambiente paleodeposicional**

Para Paula e Silva (2003), a deposição da Formação Marília representa o apogeu do assoreamento da sedimentação do Grupo Bauru na Bacia do Paraná.

A sedimentação da Formação Marília desenvolveu-se em embaciamento restrito, em regimes torrenciais característicos de leques aluviais, e com deposição de detritos em clima semiárido, com a sedimentação de detritos carbonáticos (Soares et al., 1980 e Fernandes e Coimbra, 1996).

Evidências de paleoclima seco são fornecidas pela presença de calcretes, de paligorsquita, de sedimentos textural e mineralogicamente imaturos, e de carófitas, indicadoras de águas alcalinas, próprias desse clima (Petri, 1999, apud Paula e Silva, 2003). Manzini (1999, apud Paula e Silva, 2003) registrou expressiva quantidade de litossomas relacionados a ambientes francamente fluviais, aliados à predominância de argilominerais detríticos do grupo da esmectita, sugerindo que a interpretação mais correta seria a de fases quente/úmida, intercaladas a fases quente/seca, e que clima semiárido só teria ocorrido ao final da sedimentação.

Soares et al. (1980) atribuíram, com base em estudos paleontológicos, idade entre o Santoniano e o Maestrichtiano para a sedimentação da Formação Marília.

## 6 HIDROGEOLOGIA E HIDROQUÍMICA DO AQUÍFERO MARÍLIA

### 6.1 Hidrogeologia

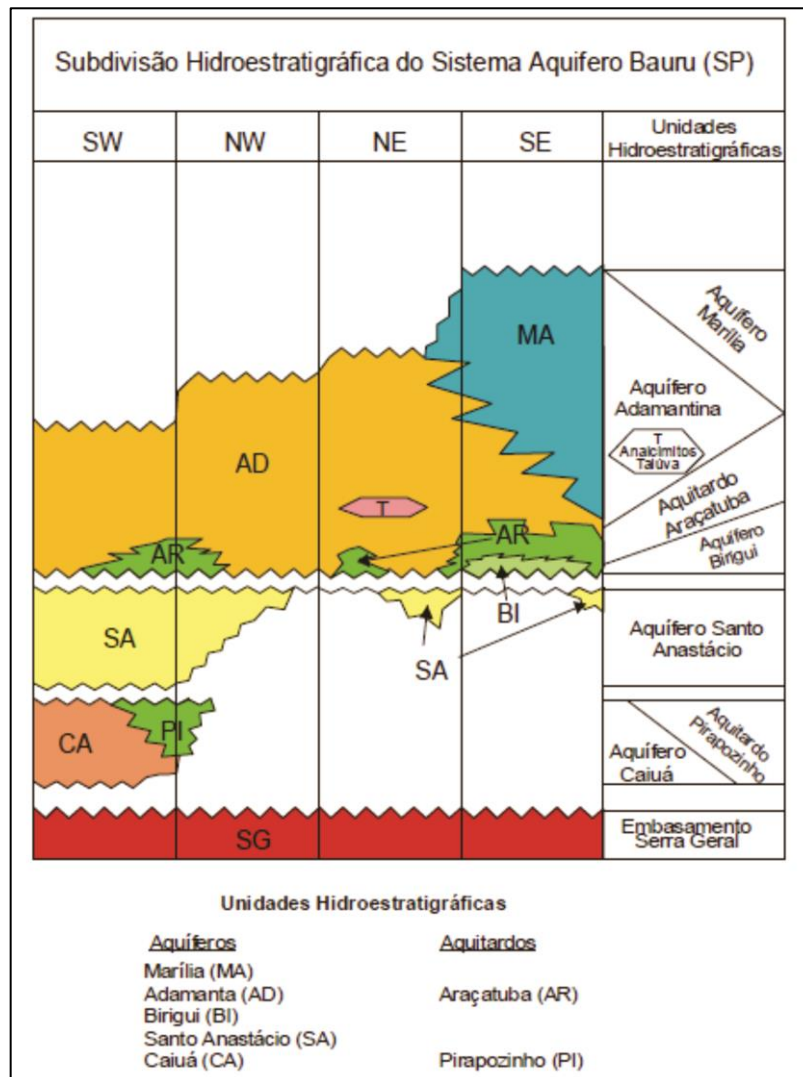
O SAB é um sistema hidrogeológico regional, contínuo, livre a semiconfinado, com espessura média de 100 metros, podendo alcançar mais de 300 metros. Este pacote de rochas sedimentares cretáceas encontra-se depositado, em sua maior parte, sobre um substrato impermeável, formado pelos derrames basálticos da Formação Serra Geral (DAEE, 1974; DAEE, 1976; DAEE, 1979).

Paula e Silva (2003) subdividiu o SAB em cinco unidades hidroestratigráficas – aquíferos Marília, Adamantina, Birigui, Santo Anastácio e Caiuá –, e em dois aquíferos – Araçatuba e Pirapozinho (Figura 5).

O Aquífero Marília possui extensão reduzida, com área preservada estimada de 15 000 km<sup>2</sup>, situado na porção centro-oriental da bacia, entre os rios Tiête e Paranapanema (Paula e Silva, 2003).

Apesar de essa unidade hidroestratigráfica ser predominantemente arenosa e espessa, a intensidade variável da cimentação em seu arcabouço litológico torna esse aquífero heterogêneo e anisotrópico, podendo originar situações de confinamento hidráulico, além de resultar em uma significativa diminuição dos valores de permeabilidade. Outra situação comum é a ocorrência de aquíferos suspensos nas zonas de alteração superficiais da unidade, devido à presença de estratos subjacentes relativamente impermeáveis que isolam o corpo aquoso principal (Paula e Silva, 2003).

**Figura 5-** Subdivisão hidroestratigráfica do Sistema Aquífero Bauru



(Fonte: Paula e Silva, 2003).

## 6.2 Hidroquímica

Segundo Rocha et al. (1979), predominam dois grupos hidroquímicos no SAB, um constituído por águas fortemente bicarbonatadas cálcicas e cálcio-magnesianas, e outro por águas fracamente bicarbonatadas cálcio-magnesianas.

Rocha et al. (1982) subdividiram o SAB em duas unidades hidrogeológicas distintas em função das diferentes litofácies, geomorfologia e parâmetros hidráulicos e hidroquímicos. Segundo esses autores, a unidade I, representada pela área de ocorrência das formações Marília e Adamantina, apresenta águas relativamente mais salinizadas, fortemente bicarbonatadas cálcicas, potencialmente incrustantes ou corrosivas; a unidade II, representada pela área de ocorrência das formações

Santo Anastácio e Caiuá, apresenta águas com baixos teores salinos, bicarbonatadas cálcio-magnesianas e potencialmente corrosivas.

Para Coelho (1996), as águas do SAB em geral são pouco mineralizadas e predominantemente bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas, e eventualmente bicarbonatadas sódicas. As águas subterrâneas na região de Marília são mais mineralizadas que as da região de Tupã, principalmente em relação aos teores de cálcio – que variam de 10,4 mg/L a 36,3 mg/L –, sódio – de 16,0 mg/L a 73,3 mg/L – e bicarbonatos, fato que se deve à constituição da Formação Marília, cujos arenitos são ricos em concreções e cimento carbonático.

Estudos realizados por Barrison (2003) mostram que predominam águas bicarbonatadas cálcicas e cálcio-magnesianas no SAB. As águas do Aquífero Adamantina foram classificadas principalmente como bicarbonatadas cálcicas e cálcio-magnesianas, e em menor proporção em bicarbonatadas sódicas. Para os aquíferos Marília e Santo Anastácio, as águas foram classificadas como bicarbonatadas cálcicas e cálcio-magnesianas, e as do Aquífero Caiuá como bicarbonatadas cálcio-magnesianas e sódicas.

Tavares (2013) observou concentrações anômalas de bário (máximo de 1,6 mg/L) em um poço de abastecimento no município de Gália, associado ao Aquífero Marília; a autora sugeriu que a dissolução do cimento de calcita seria a fonte de bário.

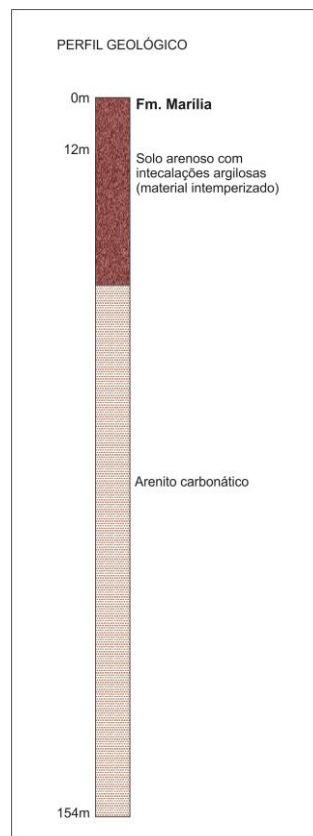


## 7 MATERIAIS E MÉTODOS

O embasamento teórico para realização desta dissertação baseou-se na análise de artigos científicos, dissertações e teses relacionados à geologia e hidrogeologia das unidades litoestratigráficas do Grupo Bauru, em particular sobre a Formação Marília, foco do presente estudo. Nesse levantamento, foram enfatizados aspectos relacionados à sedimentação da unidade e a sua caracterização petrográfica, bem como aqueles relacionados à hidroquímica do Aquífero Marília.

Para o estudo petrográfico da unidade utilizou-se o testemunho de sondagem de um poço perfurado na cidade de Quintana, SP (Figura 06); foram selecionadas amostras em diferentes profundidades (Tabela 1) para a confecção de 38 lâminas delgadas, além de outras cinco amostras para análise por difração de Raios X.

**Figura 6-** Perfil geológico do poço na cidade de Quintana.



(Fonte: elaborado pela autora)

Como preparação para confecção de lâminas, as amostras de arenito foram impregnadas com resina de coloração azul, com a finalidade de destacar poros existentes nas amostras e torná-las mais resistentes ao processo de laminação.

**Tabela 1-** Relação de lâminas analisadas e respectivas profundidades

Lâmina	Profundidade (m)	Lâmina	Profundidade (m)
QT1	141,88	QT20	94,26
QT2	144,74	QT21	94,78
QT3	145,92	QT22	89,78
QT4	148,66	QT23	91,7
QT5	152,92	QT24	84,84
QT6	137,28	QT25	84,5
QT7	125,74	QT26	83,8
QT8	125,24	QT27	77,14
QT9	126,7	QT28	77,64
QT10	122,38	QT29	73,22
QT11	120,22	QT30	74,52
QT12	118,18	QT31	70,68
QT13	117,64	QT32	65,88
QT14	113,92	QT33	66,36
QT15	111,48	QT34	62,26
QT16	108,76	QT35	63,86
QT17	105,74	QT36	59,36
QT18	98,62	QT37	60,2
QT19	97,28	QT38	52,82

(Fonte: elaborado pela autora).

### 7.1 Microscopia Óptica

As lâminas delgadas foram analisadas em microscópio óptico Carl Zeiss, no Laboratório de Microscopia do Departamento de Petrologia e Metalogenia (DPM) da UNESP.

No estudo microscópico foram identificados e descritos os grãos minerais do arcabouço e a textura dos arenitos, bem como a composição mineralógica da matriz e do cimento que envolvem os grãos do arcabouço.

Na descrição textural foram analisados granulometria, forma, arredondamento e grau de empacotamento dos grãos; a porosidade foi estimada visualmente.

### 7.2 Difração de Raios X

As cinco amostras do testemunho de Quintana (tabela 2), selecionadas para difratometria de Raios X, foram desagregadas manualmente para obtenção de um material pulverizado; essas amostras foram analisadas em espectrômetro Siemens

D5000, com goniômetro de textura acoplado. As análises, em amostra total, foram realizadas no Laboratório de Difração por Raios X do DPM/UNESP.

**Tabela 2-** Relação das amostras submetidas a difração de raio-X

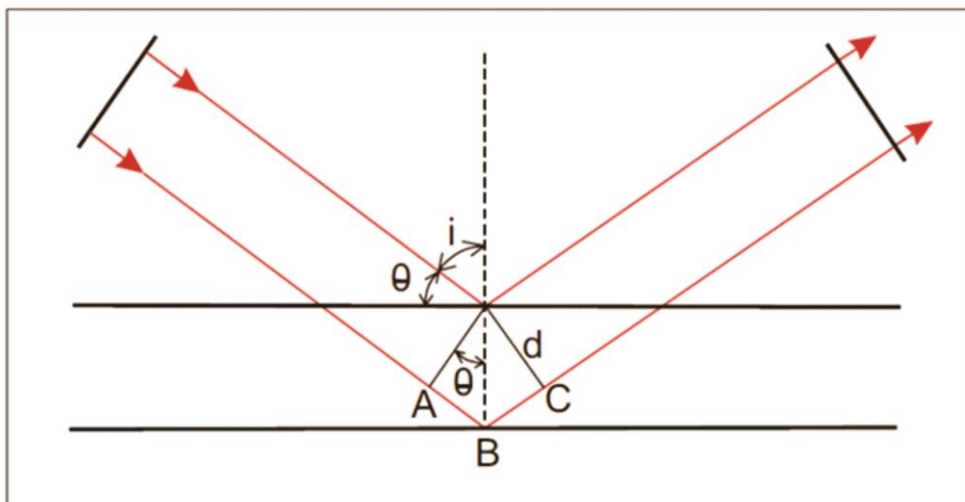
Amostra	Profundidade (m)
MSM-1	49,2
MSM-2	56,7
MSM-3	95
MSM-4	115,2
MSM-5	152,3

(Fonte: elaborado pela autora)

Raios X são ondas eletromagnéticas acompanhadas por um campo elétrico em flutuação periódica. Assim, a difração pelos cristais resulta de um processo em que os raios X são dispersos pelos elétrons dos átomos sem mudança de comprimento de onda. A difração de um cristal é uma propriedade física fundamental da substância, servindo não só para identificação como também para estudo de sua estrutura (Formoso, 1985).

O feixe de raios X que atinge um plano do átomo sofre difração em duas direções principais: de prolongamento do feixe incidente e de reflexão pelo plano. Sendo considerados dois ou mais planos, as condições para a difração em fase (interferência com reforço) dependerão da diferença de caminho percorrido pelo feixe de raios X. (Figura 7).

**Figura 7-** Difração de raios X sobre planos de átomos



(Fonte: Formoso, 1985).

Pelo esquema da figura 7, a diferença de caminho é  $\Delta=AB+BC=2AB$ , sendo:

$$AB=d.\text{sen}\theta,$$

onde:  $d$  é a distância interplanar para o conjunto de planos reticulares;  $\theta$  é o ângulo de Bragg entre o feixe incidente e os planos reticulares.

Tem-se então:

$$\Delta= 2AB= 2d \text{ sen}\theta$$

Se os planos difratam em fase, a diferença de caminho  $\Delta$  deve ser um número inteiro de comprimento de onda, ou seja,  $n\lambda$ , em que  $n$  é um número inteiro e a condição de difração em fase será:

$$n\lambda = 2 d \text{ sen}\theta \text{ (Lei de Bragg),}$$

onde:  $\lambda$  é o comprimento de onda dos raios X.

### 7.3 Microscópio Eletrônico de Varredura

Devido a sua alta capacidade de ampliação e elevada resolução, o microscópio eletrônico de varredura (MEV) tem sido muito utilizado em estudos de petrografia sedimentar, facilitando a análise de detalhes da morfologia dos grãos, dos poros, além da identificação de minerais e tipos de cimentação.

Seu funcionamento consiste em uma coluna óptica-eletrônica, uma câmara para amostra, um sistema de vácuo, um sistema de controle eletrônico e um sistema de obtenção de imagens. Um feixe de elétrons de 20 KeV, gerado em um canhão, passa por um conjunto de lentes eletromagnéticas que agem como condensadores. Esse feixe incide sobre a amostra e, por meio de bobinas deflectoras, faz uma varredura sobre uma pequena porção da amostra (Figura 8).

Com o auxílio da espectrometria de energia dispersiva de raios X (EDS), é possível determinar os elementos químicos constituintes do mineral que está sendo observado, auxiliando em sua identificação. Após a incidência do feixe de elétrons sobre o mineral, os elétrons mais externos dos átomos e os íons constituintes são excitados mudando de níveis energéticos. Ao retornarem para a sua posição inicial, liberam energia adquirida a qual é emitida em comprimento de onda no espectro de raios X. Um detector instalado na câmara de vácuo do MEV mede a energia associada a esse elétron. Como os átomos possuem energias distintas, é possível,

no ponto de incidência do feixe, determinar quais os elementos químicos estão ali presentes.

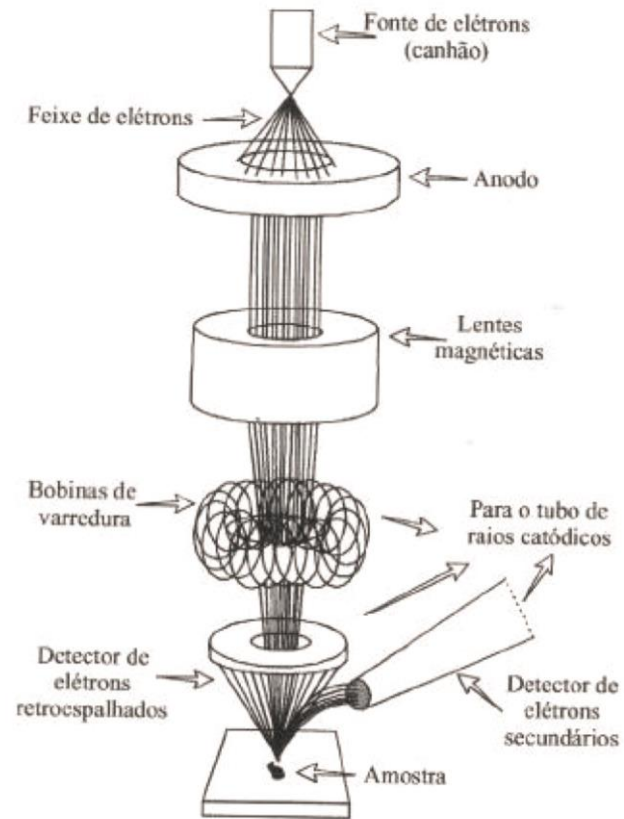
Para a utilização do MEV-EDS é necessário que a amostra seja eletricamente condutora. Para tanto, as amostras, fragmentos de rocha e lâminas de diferentes profundidade (Tabela 3), foram metalizadas com ouro e carbono antes da análise. As análises foram realizadas no Laboratório de Microscopias Eletrônica de Varredura do Lebac/Unesp.

**Tabela 3-** Relação das amostra submetidas ao MEV

<b>Amostra</b>	<b>Tipo de amostra</b>	<b>Profundidade (m)</b>
1	Fragmento de rocha	147,5
2	Fragmento de rocha	49,15
3	Fragmento de rocha	78
4	Fragmento de rocha	115,4
5	Fragmento de rocha e lâmina	98,62
6	Fragmento de rocha	84,5
7	Fragmento de rocha	83,8
8	Fragmento de rocha	70,60
9	Fragmento de rocha	59,36
10	Lâmina	94,26
11	Lâmina	77,14
12	Lâmina	65,88
13	Lâmina	63,86

(Fonte: elaborada pela autora)

**Figura 8-** Componentes básicos de um microscópio eletrônico de varredura (MEV)



(Fonte: Nobrega, 1999)

## **8 RESULTADOS DA ANÁLISE PETROGRÁFICA**

A tabela 4 reúne, de forma sintética, a descrição das 38 lâminas analisadas ao microscópio petrográfico.

**Tabela 4-** Síntese das descrições das lâminas petrográficas de arenitos da Formação Marília

Lâmina	Profundidade (m)	Arcabouço	Matriz	Cimento	Porosidade	Feições Diagenéticas	Classificação (Folk, 1968)
QT38	52,82	(70%) Quartzo 80% Feldspatos 15% Micas Traço Opacos Traço	(15%) Composta por uma cutícula de argilominerais em torno dos minerais	Não apresentou	15%	Grãos subarredondados a subangulosos com grau de empacotamento parcialmente fechado e grãos sustentados. Contatos intergranulares pontuais.	Subarcóseo
QT36	59,36	(70%) Quartzo 85% Feldspatos 15% Micas Traço Opacos-Traço	(>10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Cimento Carbonático 20%	5-10%	Grãos subarredondados com grau de empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais e planares. Feldspatos com feições de dissolução.	Subarcóseo
QT37	60,2	(80%) Quartzo 85% Feldspatos 10% Mica Traço Opacos 5%	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Nódulos Carbonáticos 10%	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com grau de empacotamento parcialmente fechado e grão sustentados. Contatos intergranulares pontuais. Feldspatos com feições de dissolução.	Subarcóseo
QT34	62,26	(80%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos Traço	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Nódulos Carbonáticos 10%	5-10%	Grãos subarredondados a subangulosos e grau de empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais. Feldspatos com feições de dissolução.	Subarcóseo



QT35	63,86	(75%) Quartzo 85% Feldspatos 15% Micas Traço Opacos Traço	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Não apresentou	15%	Grãos subarredondados a subangulosos com grau de empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais e planares. Feldspatos com feições de dissolução e precipitação de calcita nos poros.	Subarcóseo
QT32	65,88	(80%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos Traço	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Cimento Carbonático > 5%	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com grau de empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais.	Subarcóseo
QT33	66,36	(80%) Quartzo 85% Feldspatos 15% Micas Traço Opacos Traço	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Cimento Carbonático >5%	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com grau de empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais e planares. Feldspatos com feições de dissolução e precipitação de calcita nos poros.	Subarcóseo
QT31	70,68	(80%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos Traço	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Cimento Carbonático 10%	5-10%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais. Feldspatos com feições de dissolução.	Subarcóseo
QT29	73,22	(70%) Quartzo 85% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos 5-10%	(5%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Cimento Carbonático 5% Cimento Ferruginoso 10%	5-10%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais.	Subarcóseo

QT30	74,52	(75%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opaco Traço	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Cimento Carbonático 5-10%	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais	Subarcóseo
QT27	77,14	(80%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos Traço	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Não apresentou	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais. Grãos de feldspatos com feições de dissolução.	Subarcóseo
QT28	77,64	(70%) Quartzo 85% Feldspatos 15% Micas Traço Opacos Traço	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Cimento Ferruginoso 5%	15%	Grãos subarredondados a subangulosos com grau de empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais. Feldspatos com feições de dissolução.	Subarcóseo
QT26	83,8	(70%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos Traço	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Cimento Ferruginoso 5% Nódulos Carbonáticos 5%	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com grau de empacotamento fechado. Contatos intergranulares pontuais. Feldspato com feições de dissolução.	Subarcóseo
QT25	84,5	(75%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos 5%	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Cimento Carbonático 5%	10%	Grãos subarredondados com grau de empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais. Feldspatos com feições de dissolução.	Subarcóseo

QT24	84,84	(70-75%) Quartzo 85% Feldspatos 15% Micas Traço Opacos Traço	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Nódulos Carbonáticos 5-10%	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com grau de empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais. Feldspatos com feições de dissolução e precipitação de calcita.	Subarcóseo
QT22	89,78	(75%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos Traço	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Não apresentou	10-15%	Grãos subarredondados a subangulosos com grau de empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais. Feldspatos com feições de dissolução.	Subarcóseo
QT23	91,7	(80%) Quartzo 85% Feldspatos 15% Micas Traço Opacos Traço	(15%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Não apresentou	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com grau de empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais.	Subarcóseo
QT20	94,26	(70%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos Traço	(15%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Não apresentou	15%	Grãos subarredondados a subangulosos com grau de empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais. Feldspatos com feições de dissolução.	Subarcóseo
QT21	94,78	(75%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos 5%	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Não apresentou	15%	Grãos subarredondados a subangulosos com grau de empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais. Feldspatos com feições de dissolução e precipitação de calcita.	Subarcóseo

QT19	97,28	(80%) Quartzo 85% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos 5% fragmentos líticos >5%	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Não apresentou	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais.	Subarcóseo
QT18	98,62	(80%) Quartzo 85% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos 5%	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Não apresentou	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais. Feldspatos com feições de dissolução e precipitação de calcita.	Subarcóseo
QT17	105,74	(65%) Quartzo 85% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos 5%	(>10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Cimento Ferruginoso 5% Cimento Carbonático 5-10%	5-10%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais. Feldspatos com feições de dissolução e precipitação ferruginosas nessas feições.	Subarcóseo
QT16	108,76	(75%) Quartzo 85% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos 5%	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Cimento Carbonático 5%	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais. Feldspatos com feições de dissolução.	Subarcóseo
QT15	111,48	(80%) Quartzo 85% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos 5%	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Não apresentou	5-10%	Grãos subarredondados a subangulosos com grau de empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais. Feldspatos com feições de dissolução.	Subarcóseo

QT14	113,92	(70%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos Traço	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Cimento Carbonático 10%	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais. Feldspatos com feições de dissolução	Subarcóseo
QT13	117,64	(70-75%) Quartzo 85% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos 5%	(>10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Cimento Ferruginoso 10%	5-10%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais.	Subarcóseo
QT12	118,18	(75-80%) Quartzo 85% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos 5%	(>10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Cimento Ferruginoso 10%	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais.	Subarcóseo
QT11	120,22	(75%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos Traço	(>10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Cimento Ferruginoso 5%	10-15%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais.	Subarcóseo
QT10	122,38	(75%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos Traço fragmentos líticos >5%	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Não apresentou	10-15%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais.	Subarcóseo
QT8	125,24	(80%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos Traço fragmentos	(>10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Cimento Ferruginoso 5%	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais.	Subarcóseo

		líticos >5%					
QT7	125,74	(75%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos Traço	(>10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Cimento Ferruginoso 10%	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais.	Subarcóseo
QT9	126,7	(75%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos Traço	(>10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Cimento Ferruginoso 5%	10-15%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais.	Subarcóseo
QT6	137,28	(75%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos Traço	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Nódulos Carbonáticos 5-10%	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais.	Subarcóseo
QT1	141,88	(80%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos Traço	(>10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Nódulos Carbonáticos 10%	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais.	Subarcóseo
QT2	144,74	(80%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos Traço	(>10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Não Apresentou	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais.	Subarcóseo

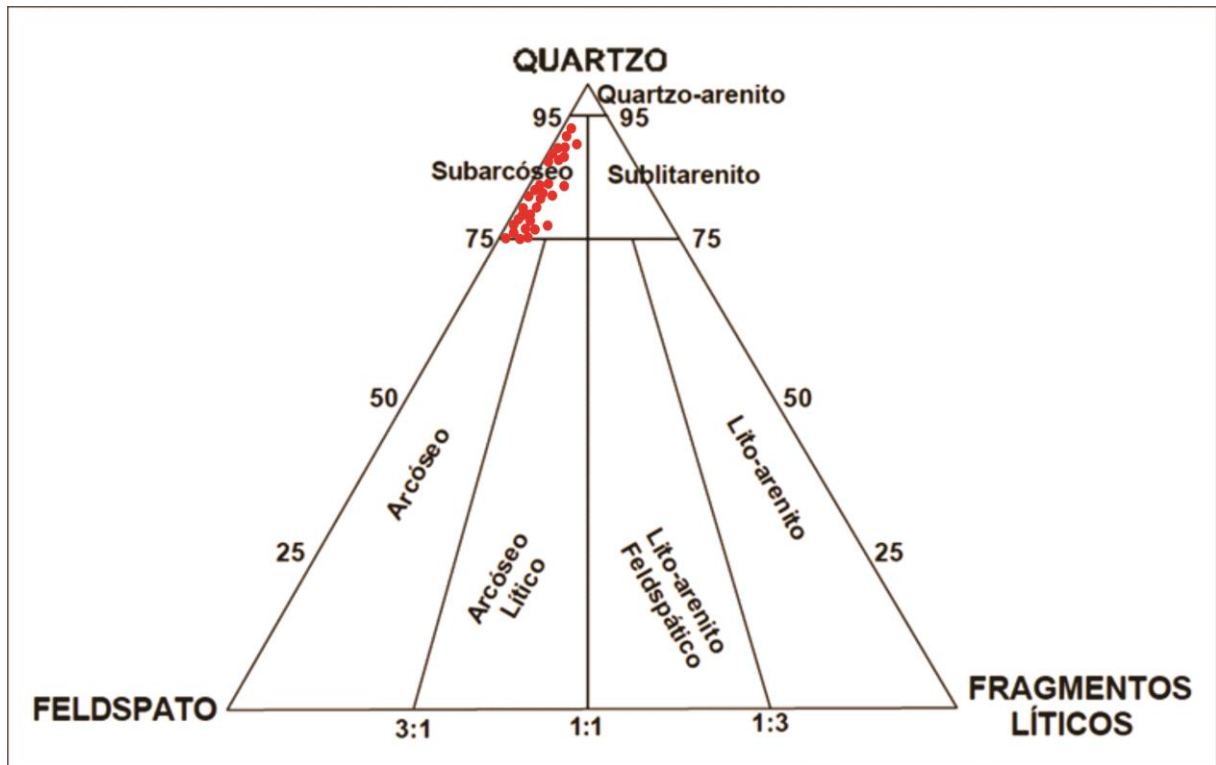
QT3	145,92	(80%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos Traço	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Não Apresentou	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais.	Subarcóseo
QT4	148,66	(75%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos Traço	(10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Nódulos Carbonáticos 5-10%	10%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais.	Subarcóseo
QT5	152,92	(75%) Quartzo 90% Feldspatos 10% Micas Traço Opacos Traço	(>10%) Composta por cutícula de argilominerais em torno dos grãos	Não Apresentou	15%	Grãos subarredondados a subangulosos com empacotamento parcialmente fechado. Contatos intergranulares pontuais.	Subarcóseo

(Fonte: elaborado pela autora).

### 8.1- Composição Mineralógica do Arcabouço dos Arenitos

A análise petrográfica dos arenitos da Formação Marília permitiu classificá-los como subarcóseos. Essa classificação baseou-se no diagrama proposto por Folk (1968) (Figura 9).

**Figura 9-** Classificação dos arenitos da Formação Marília.



(Fonte: Alterado Folk, 1968)

A classificação de arenitos utiliza o percentual estimado de grãos do arcabouço – quartzos, feldspatos e fragmentos líticos – descritos a seguir.

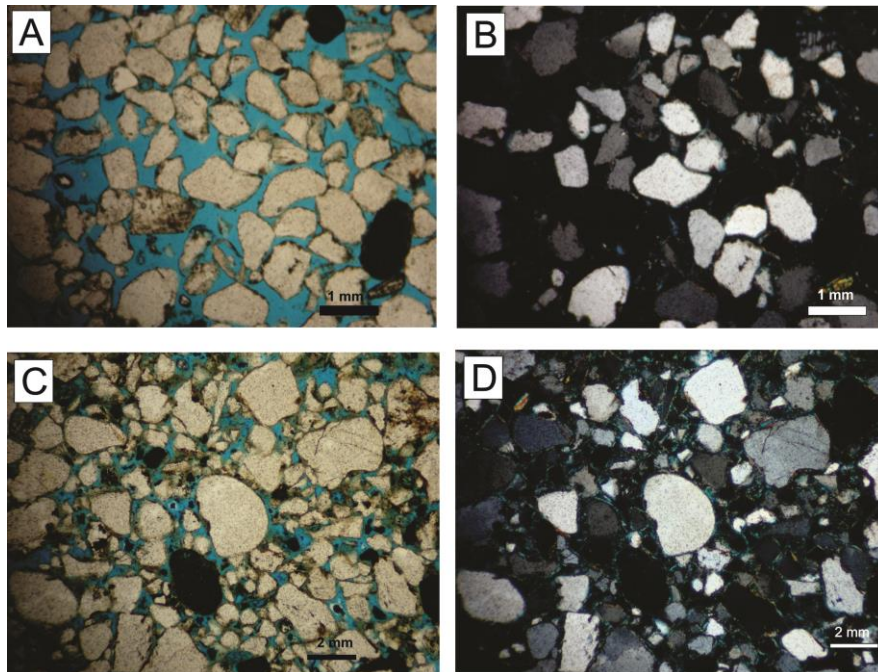


### 8.1.1 Quartzo

O quartzo é o mineral mais abundante nas rochas sedimentares, o que se deve a sua larga ocorrência em rochas cristalinas (rochas-fonte), à dureza elevada, à ausência de clivagem e à estabilidade química. Sua resistência é decorrente das fortes ligações químicas entre o silício e os íons de hidrogênio, além do fato de não possuir cátions metálicos que poderiam ser realocados durante processos de alteração (Tucker, 1991 e Blatt, 1992).

Os arenitos da Formação Marília apresentam grande quantidade de quartzo em seu arcabouço, variando de 80% a 90%. Os grãos, em sua maioria, são monocristalinos e possuem extinção ondulante (Figura 10).

**Figura 10-** Mineral de quartzo predominam amplamente em arenitos da Formação Marília (Lâmina QT 05 - A: nicóis paralelos; B: nicóis cruzados) (Lâmina QT 15 - C: nicóis paralelos; D: nicóis cruzados)



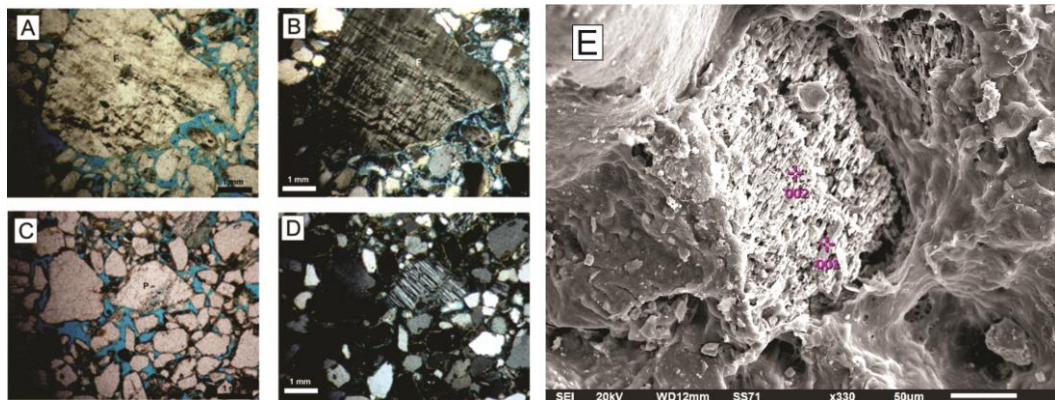
(Fonte:elaborado pela autora)

### 8.1.2- Feldspatos

Devido a sua menor estabilidade química e menor dureza quando comparado ao quartzo, e também pela presença de clivagem, os feldspatos menos abundantes nas rochas sedimentares, sendo que os feldspatos potássicos – ortoclásio e microclínio – são os mais comuns devido à estabilidade química (Tucker, 1991).

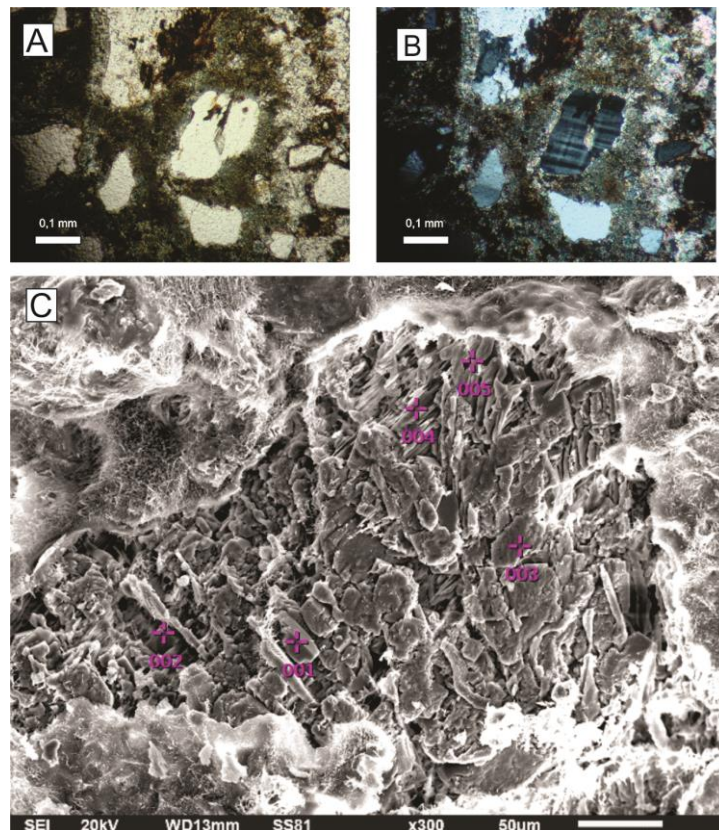
Nas lâminas analisadas, cerca de 10% a 15% dos minerais são feldspatos, sendo observado uma maior presença de feldspatos potássicos em relação aos plagioclásios (Figura 11). Em muitos casos, os feldspatos apresentam diferentes estágios de alteração e precipitação de calcita nos espaços gerados pela dissolução (Figura 12). Essas alterações ocorrem principalmente ao longo dos planos de clivagem, fraturas e na superfície dos grãos.

**Figura 11-** Feldspato potássico F (Lâmina QT 37 - A: nicóis paralelos; B: nicóis cruzados); plagioclásio P (Lâmina QT 24 - C: nicóis paralelos; D: nicóis cruzados) e Albita (E) sendo dissolvida.



(Fonte: elaborado pela autora)

**Figura 12-** Feldspato potássico sendo dissolvido e precipitação de calcita (foto A e B) cristal de albita sendo dissolvido e precipitação de calcita (foto D- ponto 001 albita, pontos 002, 003, e 004 calcita)



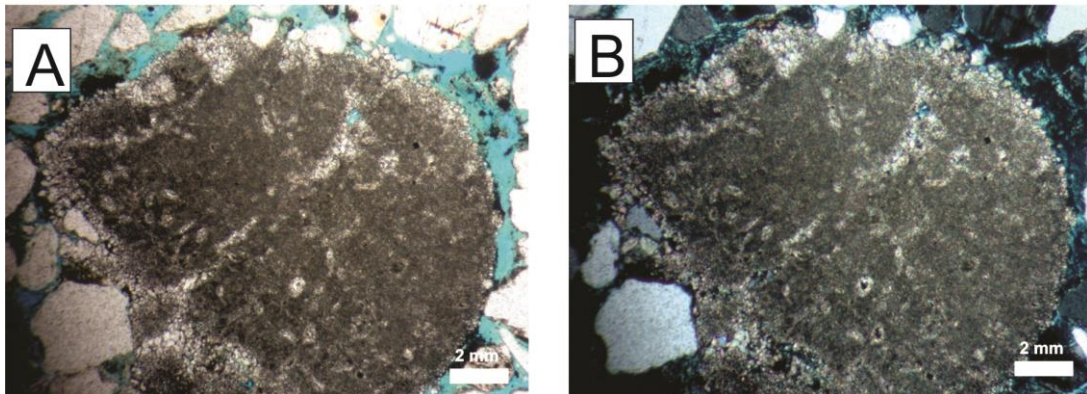
(Fonte: elaborado pela autora)

### 8.1.3 Fragmentos líticos

Os fragmentos líticos constituem evidências diretas da rocha fonte e trazem informações sobre a proveniência dos arenitos. Os fatores que determinam a sua presença em arenitos são a abundância na área fonte, sua distribuição na área proximal da bacia, o clima, a susceptibilidade à destruição química e mecânica pelos processos sedimentares e o tamanho dos cristais nos fragmentos (Blatt, 1992).

Nas lâminas observadas esses fragmentos eram inferior a 5%, sendo que foram identificados micrito e quartzito (Figura 13).

**Figura 13-** Fragmento de micrito na lâmina QT-26 (A: nicóis paralelos; B: nicóis cruzados).



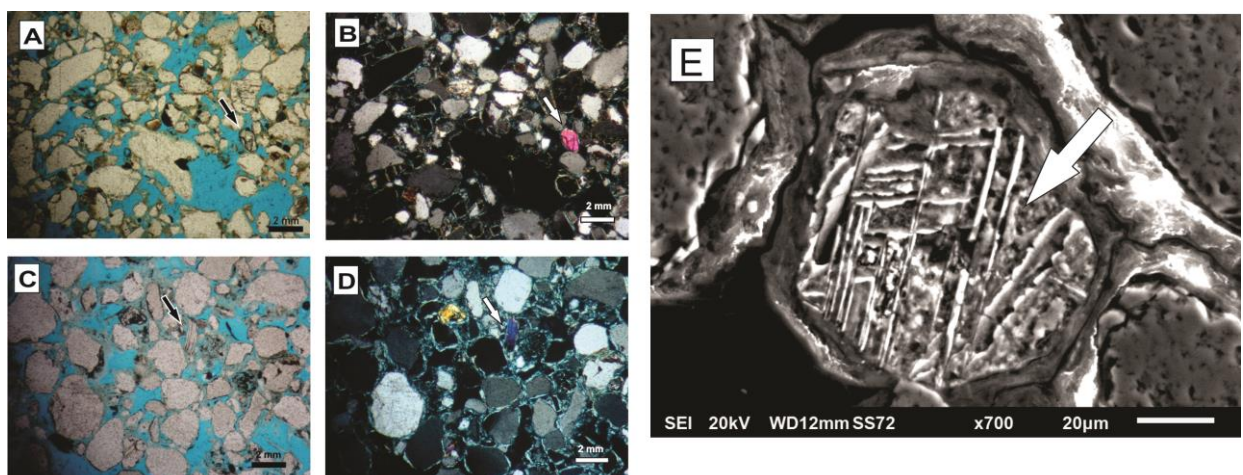
(fonte: elaborado pela autora)

#### 8.1.4 Minerais acessórios

Os minerais acessórios perfazem menos que 1% dos minerais observados em lâminas. Segundo Brandt Neto (1977), os principais minerais acessórios encontrados em rochas do Grupo Bauru são turmalina, zircão, estauroлита, granada, augita, perowskita e rutilo.

Os minerais acessórios mais comuns encontrados nas lâminas da Formação Marília são biotita, moscovita, rutilo e zircão (Figura 14).

**Figura 14-** Zircão (lâmina QT-19 A: nicóis paralelos, B: nicóis cruzados); moscovita (lâmina QT-22 C: nicóis paralelos, D: nicóis cruzados); e rutilo (E) arenitos da Formação Marília

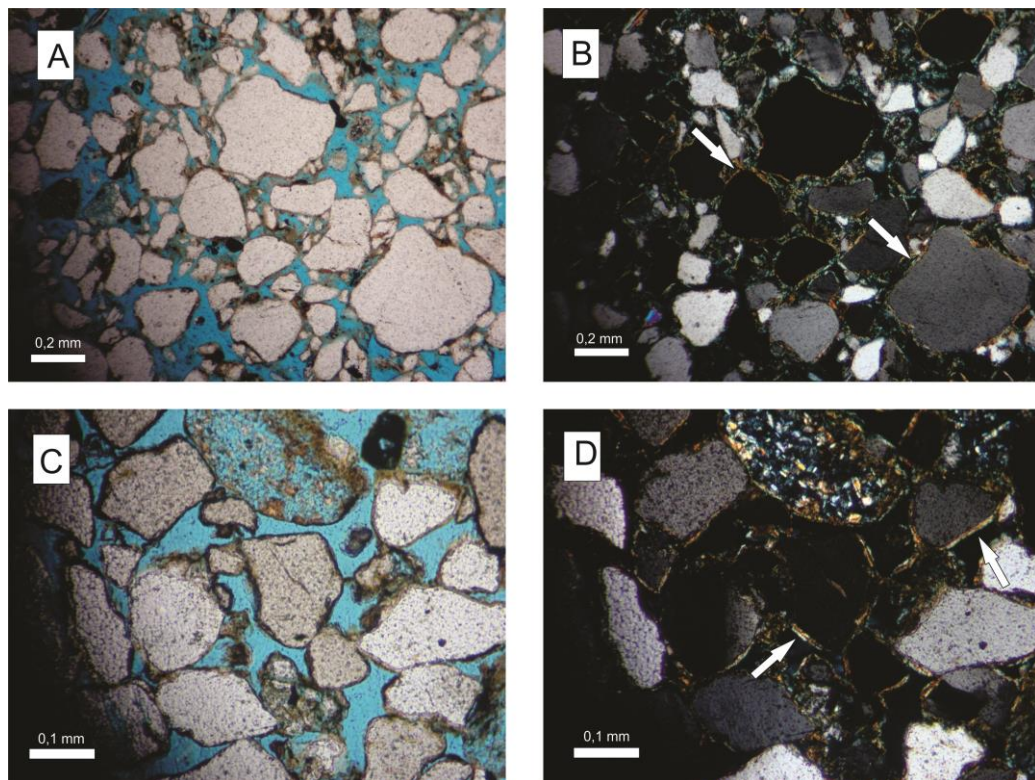


(fonte: elaborado pela autora)

## 8.2 Matriz dos Arenitos

A Formação Marília apresenta matriz formada predominantemente por argilominerais, podendo constituir entre 5% e 10% dos clásticos nas lâminas analisadas. Essa matriz aparece formando cutículas que envolvem os grãos de quartzo e feldspatos (Figura 15); formam-se predominantemente durante transporte e em parte originam-se pela infiltração de argilas no sedimento recém-formado.

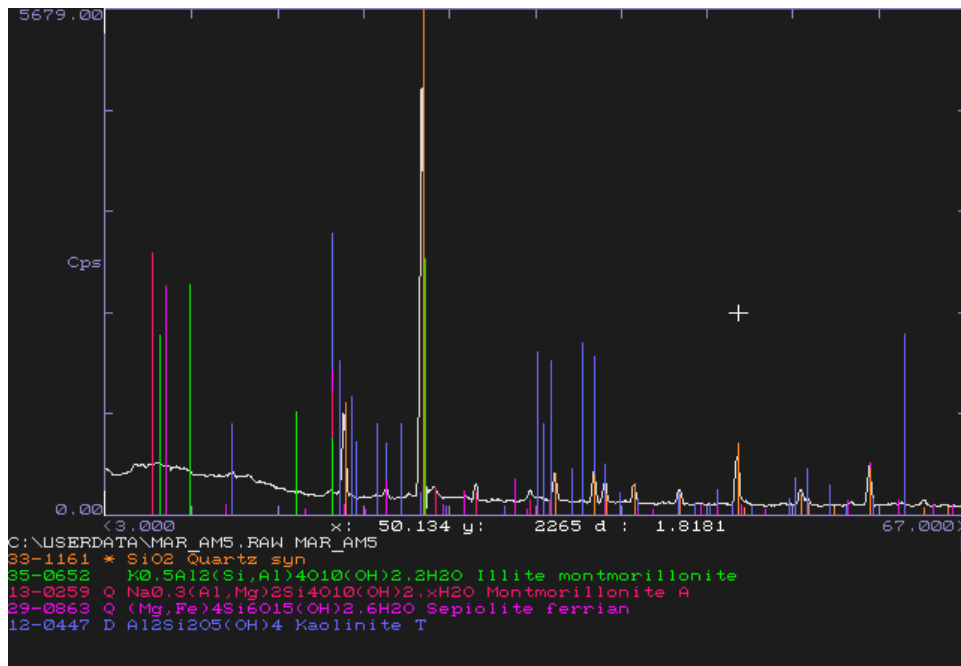
**Figura 15-** Quartzo e feldspato potássico envoltos por cutículas de argilominerais (Lâmina QT 09 - A: nicóis paralelos, B: nicóis cruzados; Lâmina QT10- C: nicóis paralelos, D: nicóis cruzados ).



(Fonte: elaborado pela autora)

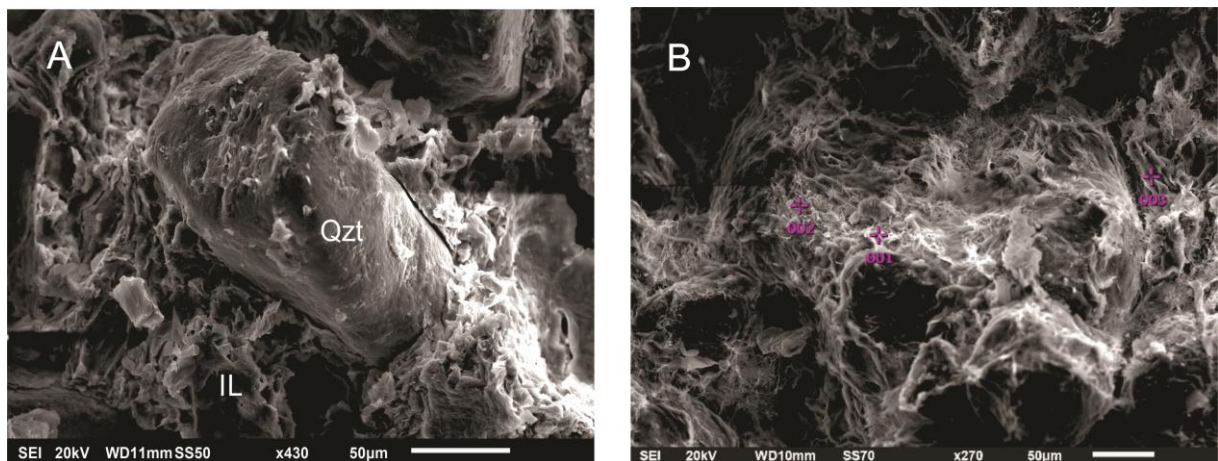
Os argilominerais presentes nas lâminas foram identificados por meio da difração de raios X (Figura 16) e análise ao MEV-EDS (Figura 17), tendo sido encontrados predominantemente montmorilonita, illita e caulinita.

**Figura 16-** Difratograma mostrando a presença de illita, montmorilonita e caulinita na matriz de arenitos da Formação Marília (Amostra 5)



(Fonte: elaborado pela autora)

**Figura 17-** Arenitos da Formação Marília mostrando: A- quartzo envolto por illita; B - película de montmorilonita em torno de grãos do arcabouço.



(Fonte: elaborado pela autora)

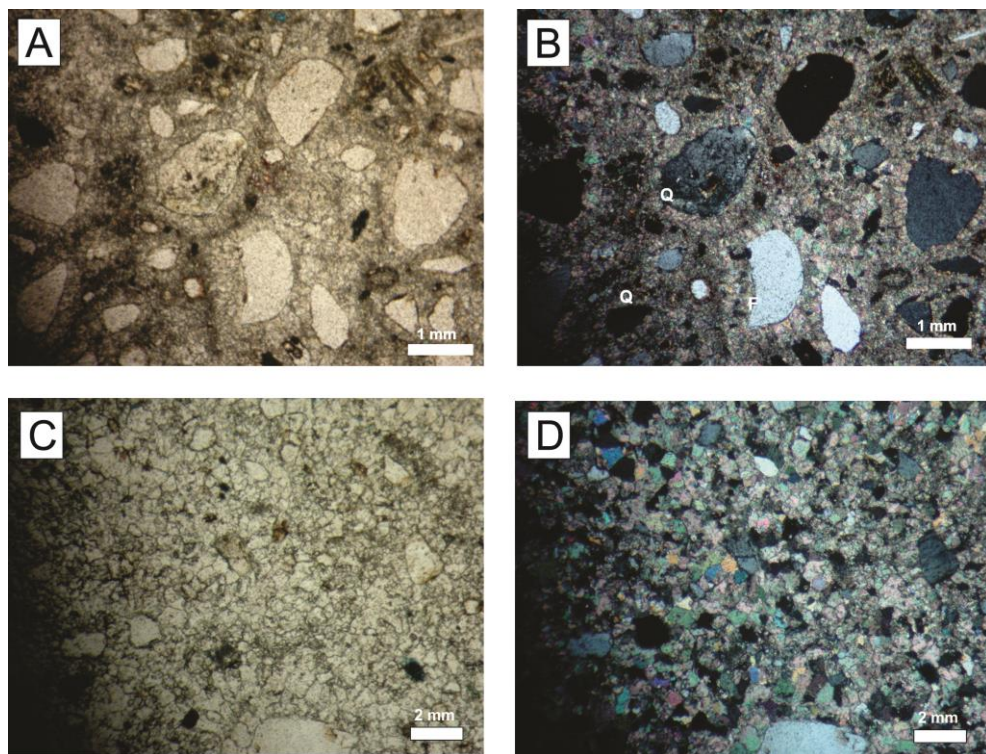
### 8.3 Cimentação nos arenitos

Três tipos de cimento foram observados nos arenitos da Formação Marília: carbonático (predominante), ferruginoso e argiloso.

#### 8.3.1 Cimento carbonático

Na Formação Marília são comuns os nódulos carbonáticos e calcretes, que acabam por dar uma maior resistência às rochas. Este tipo de cimentação foi a mais comum observada nas lâminas (Figura 18).

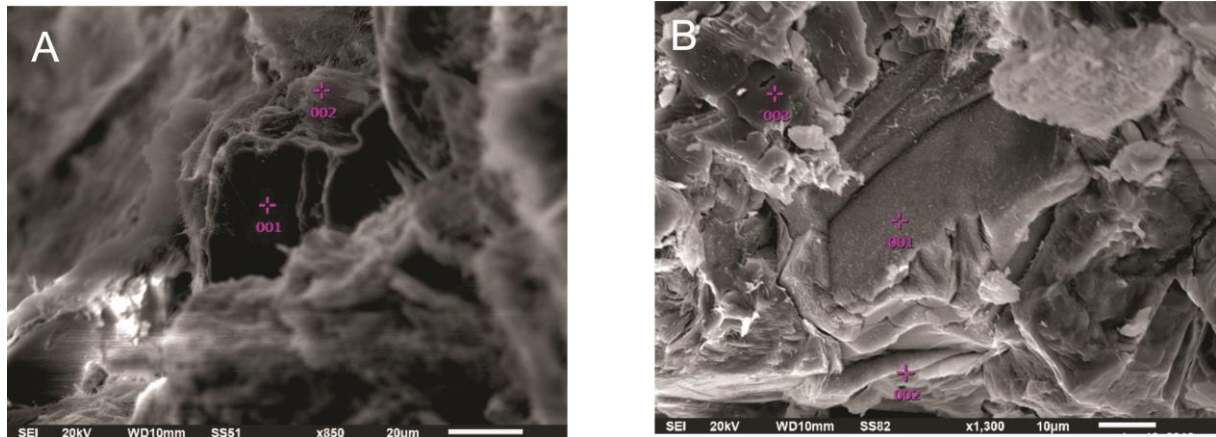
**Figura 18-** Intensa cimentação carbonática em arenitos da Formação Marília: Calcita (Lâmina QT-06 - A: nicóis paralelos; B: nicóis cruzados) e Dolomita (Lâmina QT-36 - C: nicóis paralelos; D: nicóis cruzados)



(fonte: elaborado pela autora)

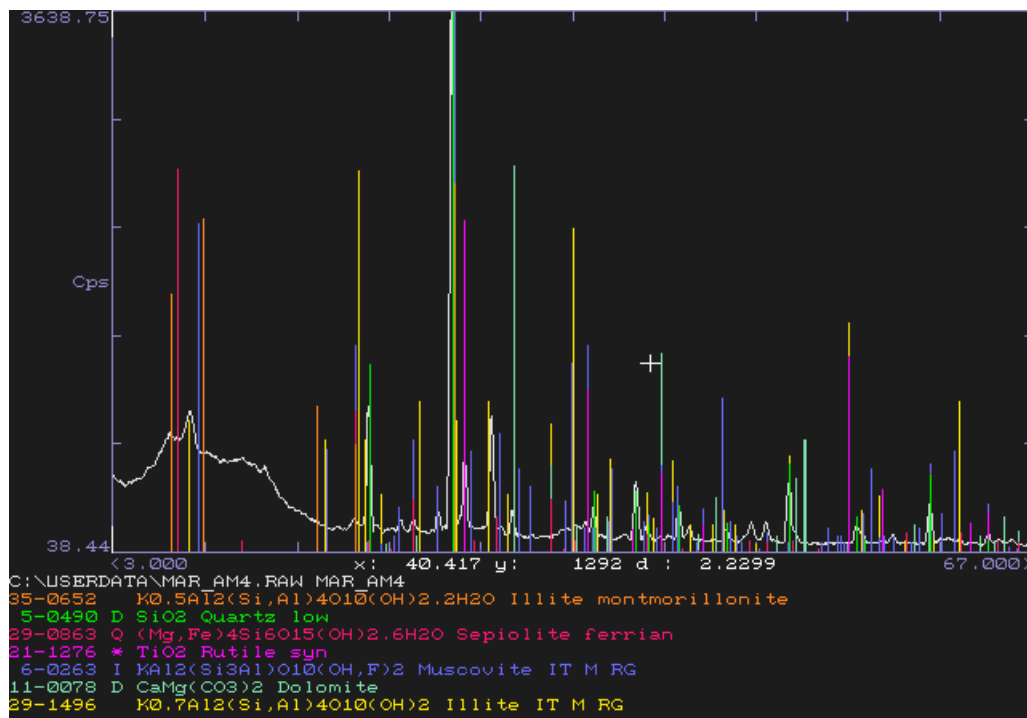
A observação de amostras ao MEV-EDS mostrou que o cimento carbonático é constituído em sua maioria por calcita (Figura 19). Entretanto, verificou-se também a ocorrência de dolomita (Figura 20). Observou-se a substituição de parte do cálcio por bário (Figura 21).

**Figura 19- A:** Calcita (001) envolto por montmorilonita (002); **B:** Quartzo (001) envolto por calcita (002 e 003)



(fonte: elaborado pela autora)

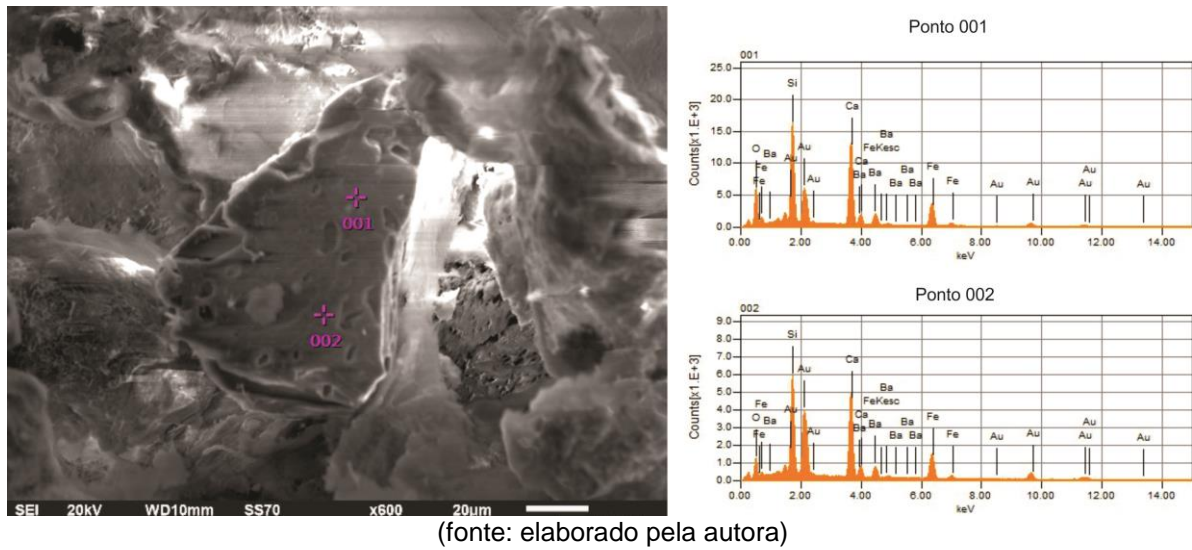
**Figura 20-** Difratoograma da amostra 4 mostrando a presença de dolomita



(fonte: elaborado pela autora)



**Figura 21-** Quartzo envolto por cimentação carbonática, onde o cálcio está sendo substituído por bário.

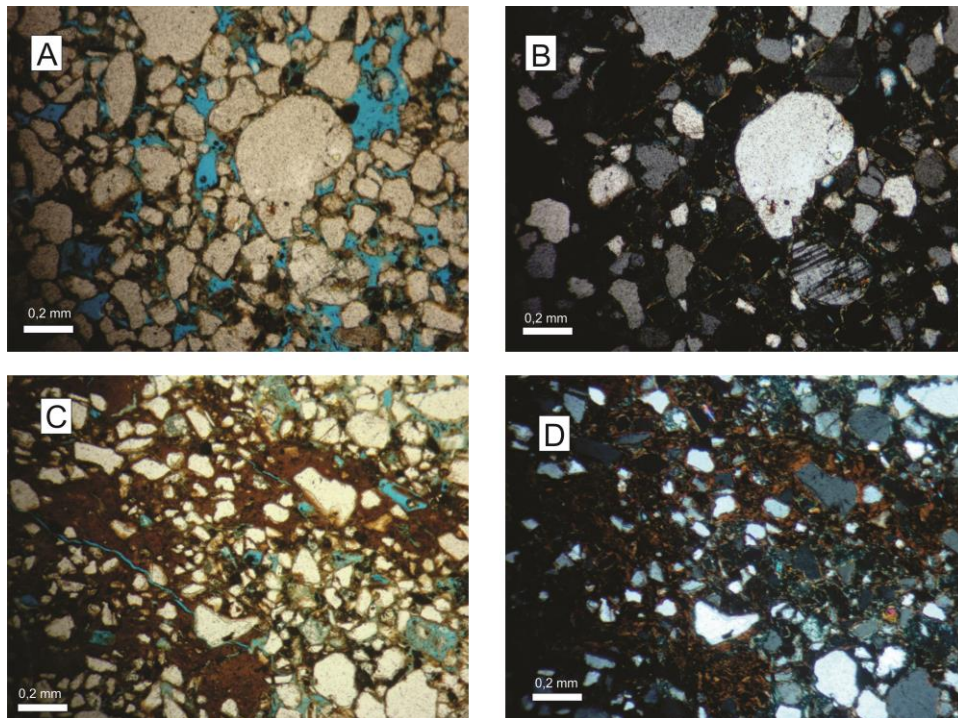


(fonte: elaborado pela autora)

### 8.3.2 Cimento ferruginoso

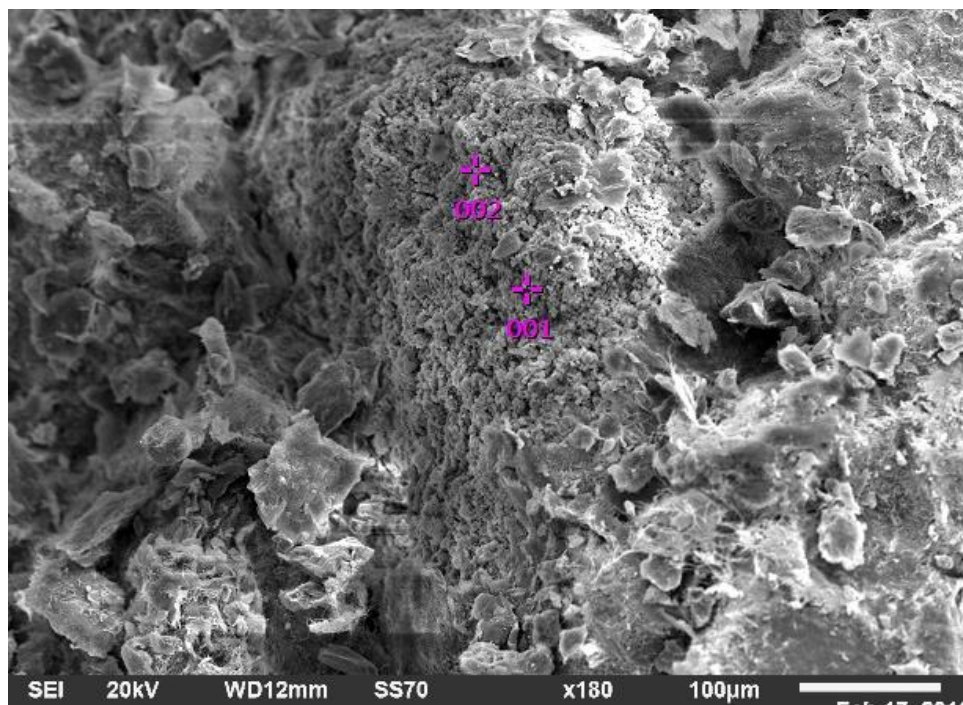
A cimentação ferruginosa ocorre em algumas amostras analisadas. O cimento ocorre precipitado nos poros entre os grãos formando concreções ou, mais comumente, como películas acastanhadas recobrendo grãos do arcabouço (Figura 22 e Figura 23).

**Figura 22-** Cimentação ferruginosa em arenitos da Formação Marília (Lâmina QT-13 - A: nicóis paralelos; Lâmina QT-07 – B :nicóis paralelos; Lâmina QT-29, C: nicóis paralelos)



(fonte: elaborado pela autora)

**Figura 23-** Cimentação ferruginosa (001 e 002) preenchendo os poros do arenito.

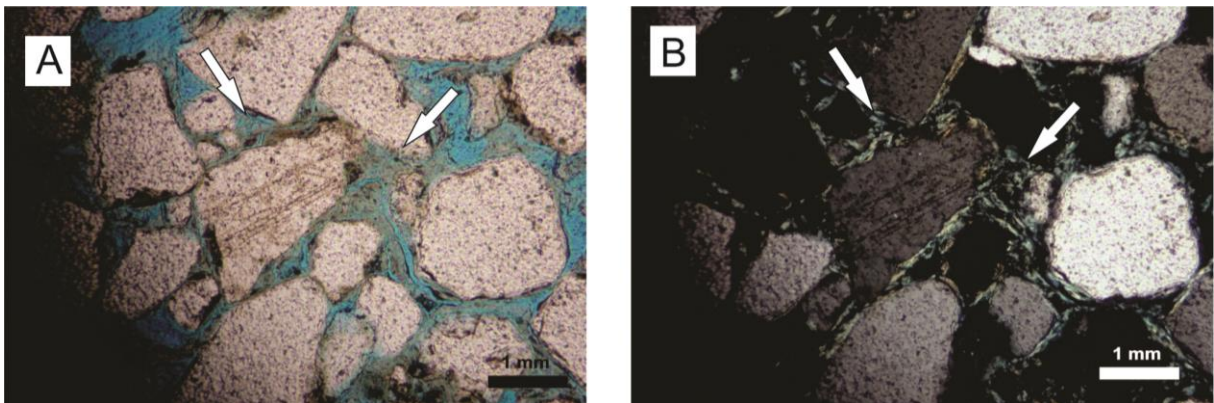


(fonte: elaborado pela autora)

### 8.3.3 Cimento de argilominerais

Pontualmente, em quantidades muito pequenas (<1%), são encontrados argilominerais precipitados nos poros dos arenitos da Formação Marília, provavelmente decorrentes da dissolução de feldspatos do arcabouço (Figura 24).

**Figura 24-** Argilominerais preenchendo os poros da lâmina QT 03 (A: nicóis paralelos B: nicóis cruzados)



(fonte: elaborado pela autora)

### 8.4 Textura dos Arenitos

Dentre os aspectos texturais dos arenitos da Formação Marília foram analisados: granulometria, arredondamento dos grãos, grau de empacotamento, tipo de contato entre os grãos e porosidade.

A granulometria foi estimada visualmente, confrontando o tamanho médio dos grãos com a escala de Udden-Wentworth. De maneira geral, as lâminas observadas apresentam granulometria variando de fina a média.

O arredondamento dos grãos minerais varia, em geral, de subarredondados a subangulosos. Esta análise foi feita visualmente, comparando com os padrões de Powers (1953).

O contato entre grãos do arcabouço é em geral pontual; o grau de empacotamento é relativamente fechado.

Os arenitos da Formação Marília apresentam porosidade baixa a média, perfazendo de 10% a 15% da rocha.

## 9 CONCLUSÃO

A análise petrográfica de arenitos da Formação Marília, coletados de testemunho de poço perfurado em Quintana (SP) permitiram a caracterização mineralógica e textural dessas rochas, bem como a origem do bário encontrado nas águas do Aquífero Marília.

Os arenitos, classificados como subarcóseos, apresentam 80% a 90% de quartzo e 10% a 15% de feldspatos. Os feldspatos são predominantemente potássicos e apresentam frequentemente feições de dissolução, com precipitação de calcita nos poros assim gerados. Os minerais acessórios mais comuns são zircão e moscovita.

Os arenitos apresentam em geral teor baixo a médio de matriz, em sua maioria constituída por argilominerais do tipo montmorilonita, illita e caulinita.

A cimentação por carbonato – predominantemente calcita – é comum nos arenitos da Formação Marília. Associado à cimentação por calcita foi observada a ocorrência de bário em substituição ao cálcio. Tal ocorrência que os teores de bário encontrados em análises químicas de águas do Aquífero Marília no estado de São Paulo possam ser de origem natural.

Os arenitos desse aquífero apresentam porosidade em geral baixa (10%), empacotamento relativamente fechado e granulometria variando de fina a média.

## Bibliografia

BARCELOS, J.H. **Reconstrução paleogeográfica da sedimentação do Grupo Bauru baseada na sua redefinição estratigráfica parcial em território paulista e no estudo preliminar fora do Estado de São Paulo.** 1984. 190f. Tese (Livre Docência em Petrologia Sedimentar) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1984.

BLATT, H.. **Sedimentary petrology.** San Francisco: W.H. Freeman, 1992, 564p.

BRANDT NETO, M., YAMAMOTO, J.K., TACHIBANA, J. & MATO, L.F. **Sedimentos quaternários associados ao baixo vale do Rio Tietê.** In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1., 1977, São Paulo. **Atas...** São Paulo: SBG/SP, 1977, p248-266.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. **Estudo de águas subterrâneas, regiões administrativas 7, 8 e 9: Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba.** São Paulo: v.1 e v.2., 1976.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA- DAEE. **Plano estadual de recursos hídricos: Primeiro plano do estado – Sínteses.** São Paulo. 97 p. 1990.

FERNANDES, L. A. & COIMBRA, A. M. **A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil).** Anais da Academia Brasileira de Ciências. v. 68 (n. 2), p.195-205, 1996.

FERNANDES, L. A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil).** 1998. 216p. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 1998.

FOLK, R.L. **Petrology of sedimentary rocks.** Austin: Hemphill's, 1968. 182p.

FORMOSO, M.L.L.. **Difratometria de raios X.** In: GOMES, C.B. (Ed.). Técnicas analíticas instrumentais aplicadas á geologia. São Paulo: Secretaria do Estado da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia; Edgard Blücher. p. 01-43, 1985.

Hasui Y., Haralyi N.L.E., Miotto J.A., Saad A.R., Campanha V.A., Hanza V.M., Frangipani A., Puleghini F.P. (coords.) 1989. **Compartimentação estrutural e evolução tectônica do Estado de São Paulo**. São Paulo, IPT, (Relatório 27.394), 2v, 210p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000**. São Paulo - SP, IPT: Vol. 1 e Vol. 2., 1981.

OMS- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (1996). **Guidelines for drinkin-water quality, 2nd edn., vol. 2: Health criteria and other supporting information**. World Health Organization, Geneve.

PAULA E SILVA, F. & CAVAGUTI, N. **Nova caracterização estratigráfica e tectônica do Mesozóico na cidade de Bauru - SP**. In: SIMPÓSIO SOBRE BACIAS CRETÁCIAS BRASILEIRAS, 2, 1992, p.141-144.

PAULA E SILVA, F. **Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo**. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP (Tese de Doutorado). Rio Claro. 166 p., 2003.

PAULA E SILVA, F.; CHANG, H.K.; CAETANO-CHANG, M.R. **Estratigrafia de subsuperfície do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Geociências, v. 35, n. 1, p. 77-88, 2005.

PAULA E SILVA, F.; CHANG, H.K. & CAETANO-CHANG, M. R.. **Sedimentation of the Cretaceous Bauru Group in São Paulo, Paraná Basin, Brazil**. Journal of South American Earth Sciences. v.28, p.25-39, 2009.

PRANDI, E. **Gestão integrada das águas do Sistema Aquífero Baurunas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe/SP**. Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (Tese de Doutorado). Rio Claro.145 p. 2010.

POWERS, M.C. **A news roudness scale for sedimentary particles**. Journal of Sedimentary Petrology, Tulsa, v.23, n.02, p.117-119, 1953.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, V. J. & SOBREIRO NETO, A. F. **Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru.** Revista Brasileira de Geociências. São Paulo. v. 10 (n. 3): p.177-185, 1980.

SUGUIO, K.; FULFARO, V. J.; AMARAL, G. & GUIDORZI, L. A. **Comportamentos estratigráfico e estrutural da Formação Bauru nas regiões administrativas 7 (Bauru), 8 (São José do Rio Preto) e 9 (Araçatuba) no Estado de São Paulo.** In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1, 1977. São Paulo. Atas...p. 231-247.

TAVARES, T. **Investigação de anomalias hidrogeoquímicas de bário em aquíferos do estado de São Paulo.** 2013. 192 p. Tese (Doutorado em Hidrogeologia e Meio Ambiente). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

TUCKER, M.E. **Sedimentary petrology:** an introduction to the origin of sedimentary rocks. 2th ed., Oxford: Blackwell, 1991. 260 p.

# **ANEXOS**



## **ANEXO A-Descrição das lâminas**

Lâmina QT- 01

Profundidade 141,88 m

Prorosidade 10%

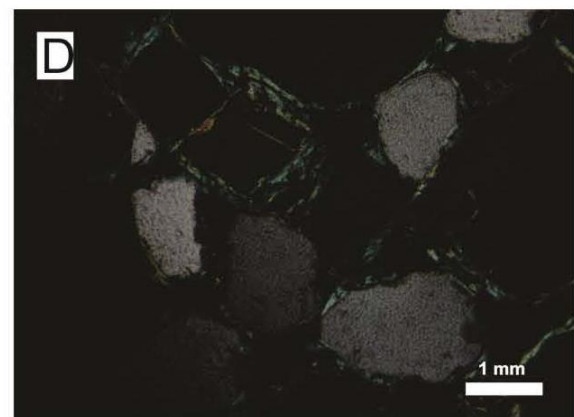
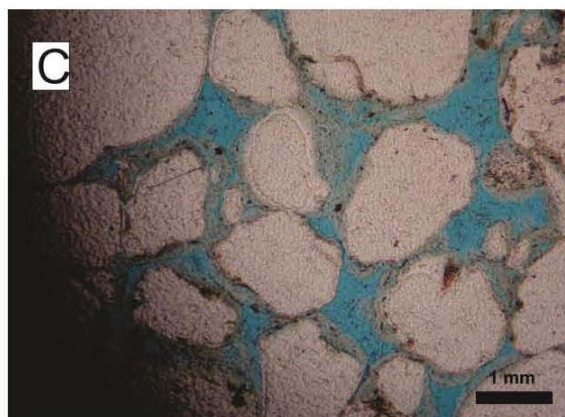
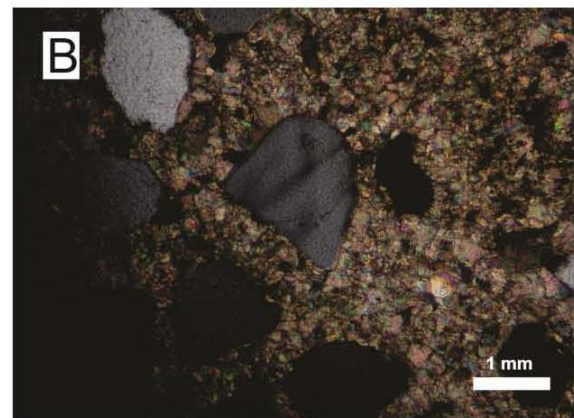
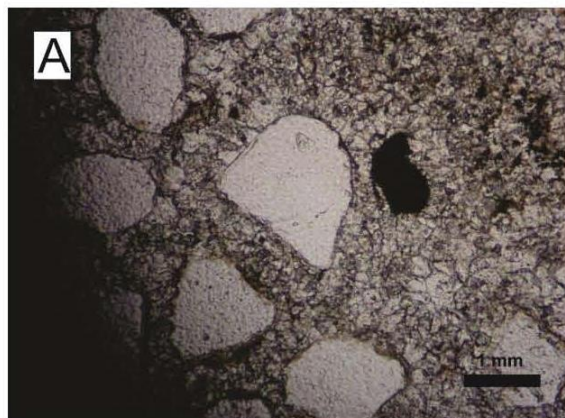
## Descrição

Arcabouço (80%): composto por quartzo (90%) e feldspato (10%). Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos.

Matriz (>10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (10%): o cimento é composto principalmente por calcita. Observou-se ainda uma película de filossilicatos em torno dos grãos.

## Fotos



Lâmina	QT- 02
--------	--------

Profundidade	144,74 m
--------------	----------

Prorosidade	10%
-------------	-----

Descrição
Arcabouço (80%) composto por quartzo (90%) e feldspato (10%). Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos. Possui traço de opacos e micas.
Matriz (>10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos
Cimentação: Não apresentou

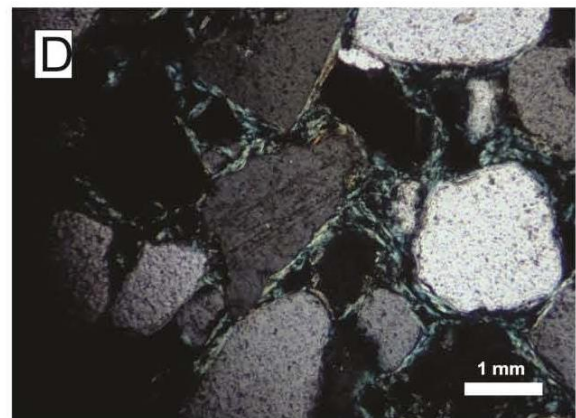
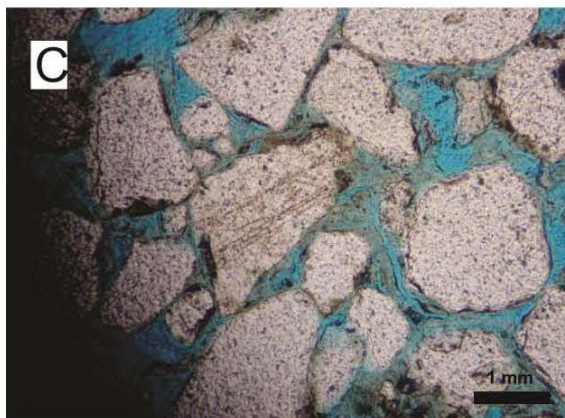
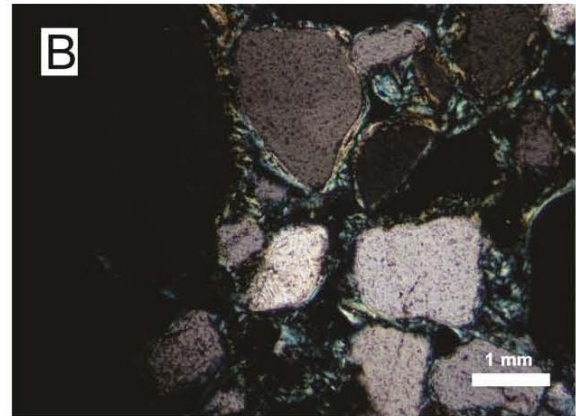
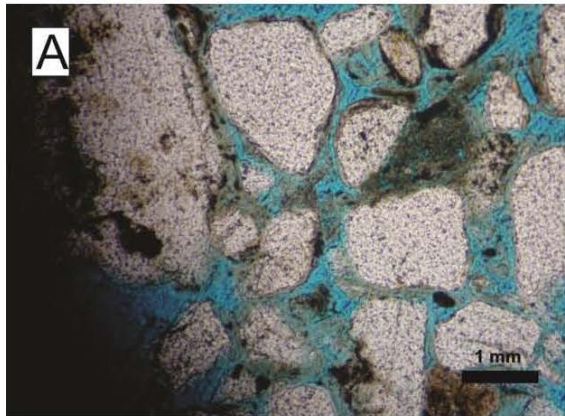
Lâmina QT- 03

Profundidade 145,92 m

Prorosidade 10%

Descrição	
Arcabouço (80%) composto por quartzo (90%) e feldspato (10%) traço de micas e opacos. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos são subarredondados e subangulosos.	
Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos	
Cimentação (15%): Não apresentou.	

## FOTOS



Lâmina QT- 04

Profundidade 148,66 m

Proriedade 10%

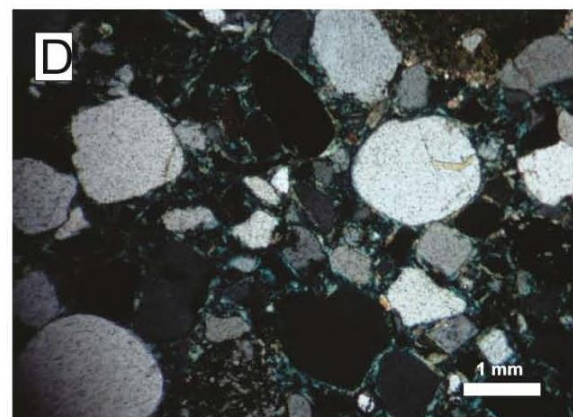
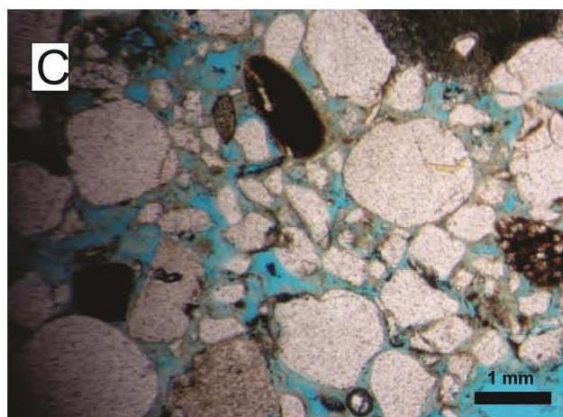
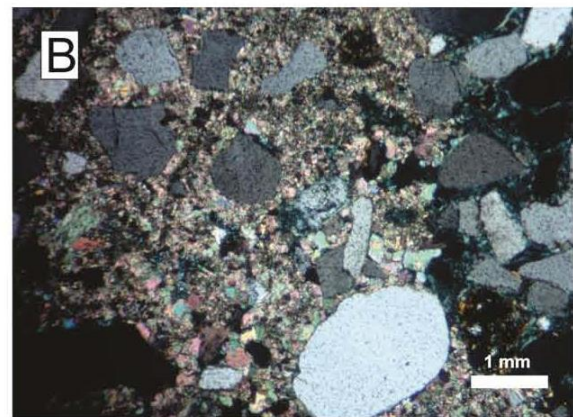
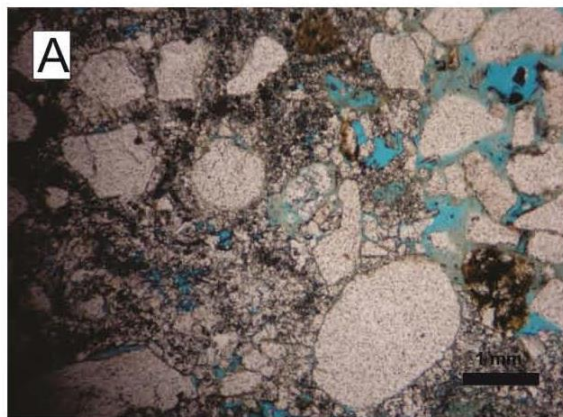
## Descrição

Arcabouço (75%) composto por quartzo (90%) e feldspato (10%) e traço de micas e opacos. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos são subarredondados e subangulosos.

Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (5-10%): . Nódulos carbonáticos.

## FOTOS



Lâmina QT- 05

Profundidade 152,92 m

Proriedade 15%

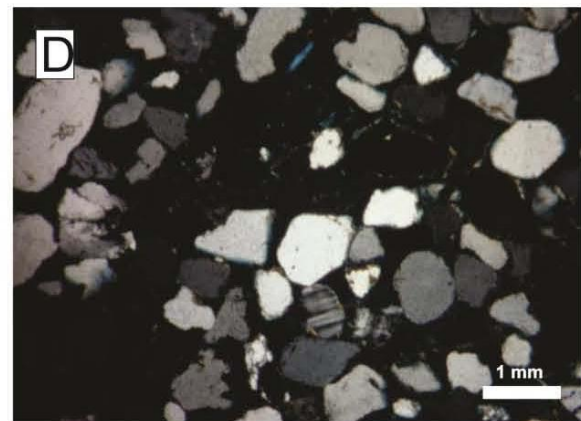
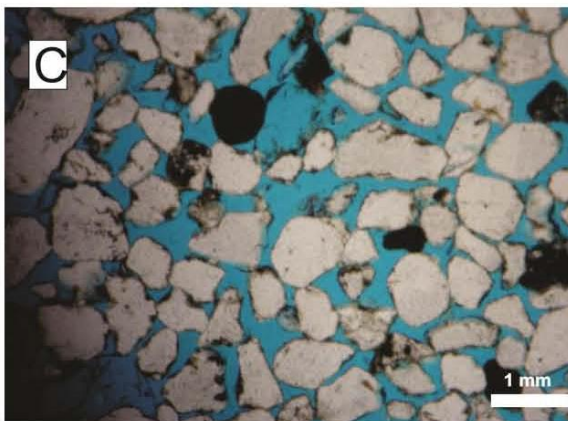
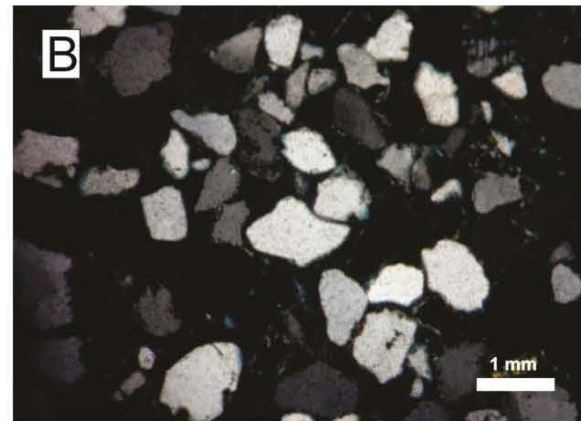
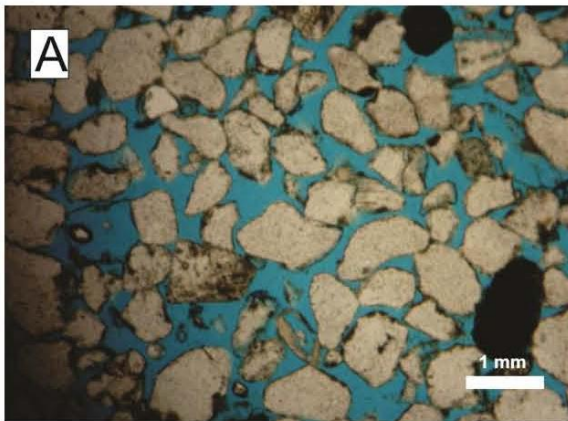
## Descrição

Arcabouço (75%): composto por quartzo (90%) e feldspato (10%) e traço de micas e opacos. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos são subarredondados e subangulosos.

Matriz (>10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação: Não apresentou

## FOTOS



Lâmina QT- 06

Profundidade 137,28 m

Prorosidade 10%

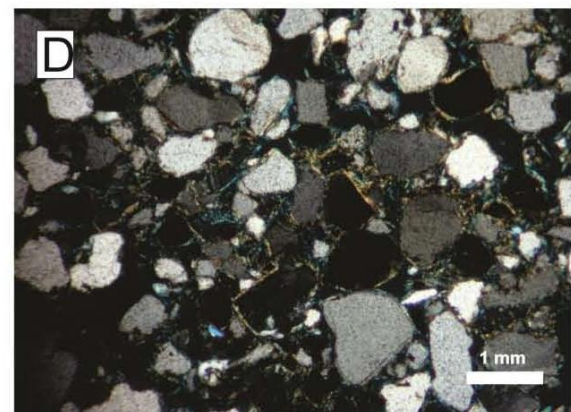
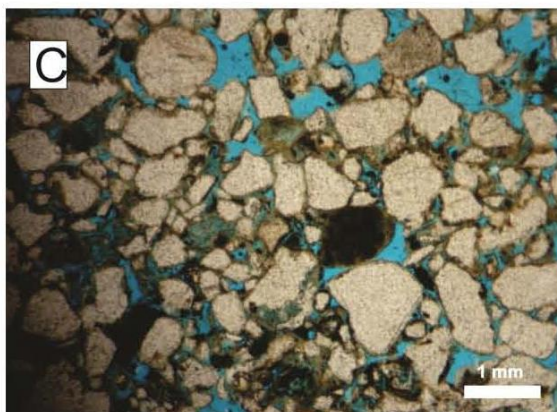
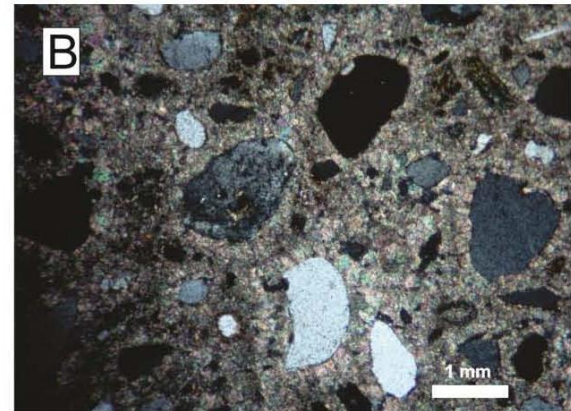
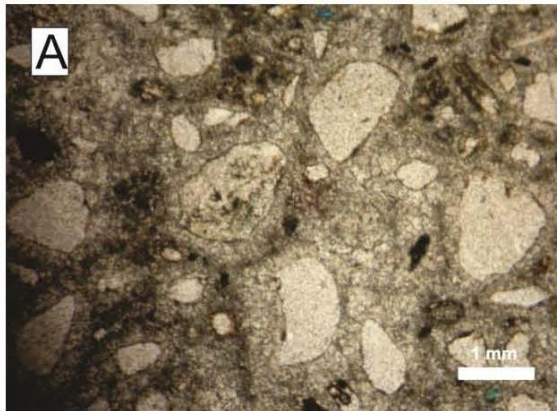
## Descrição

Arcabouço (75%): composto por quartzo (90%) e feldspato (10%) e traço de opacos e micas. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos são subarredondados e subangulosos.

Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (5-10%): Nódulos carbonáticos.

## FOTOS



Lâmina QT- 07

Profundidade 125,74 m

Porosidade 10%

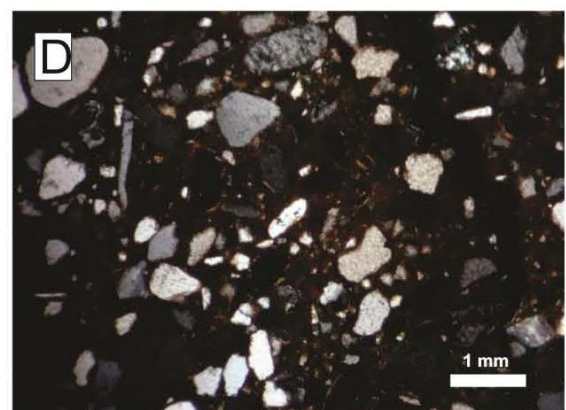
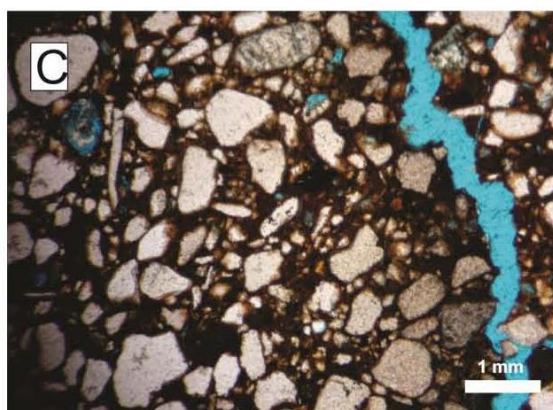
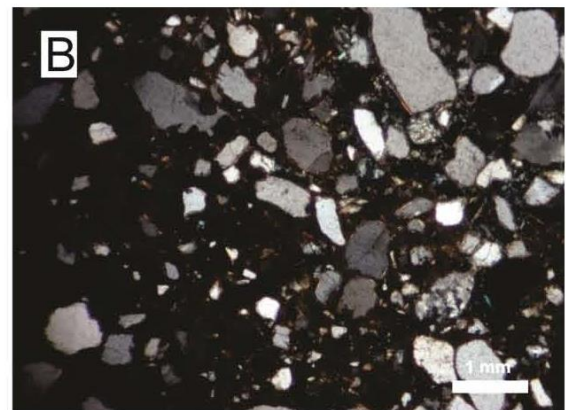
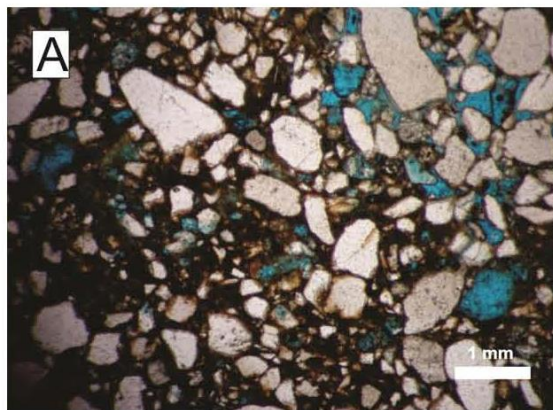
## Descrição

Arcabouço (75%): composto por quartzo (90%) e feldspato (10%) e traço de micas e opacos. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos e possuem contatos pontuais.

Matriz (>10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (10%): .Precipitação de óxido de ferro.

## FOTOS





Lâmina QT- 08

Profundidade 125,24 m

Proriedade 10%

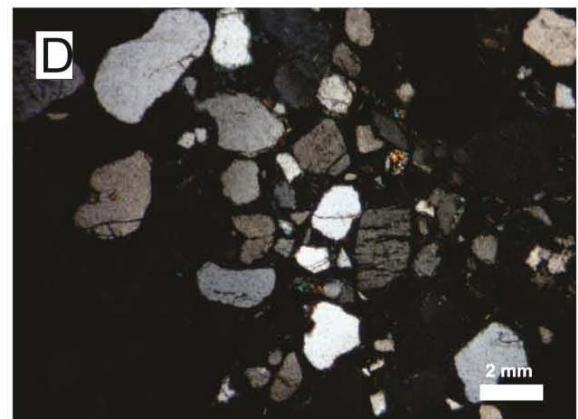
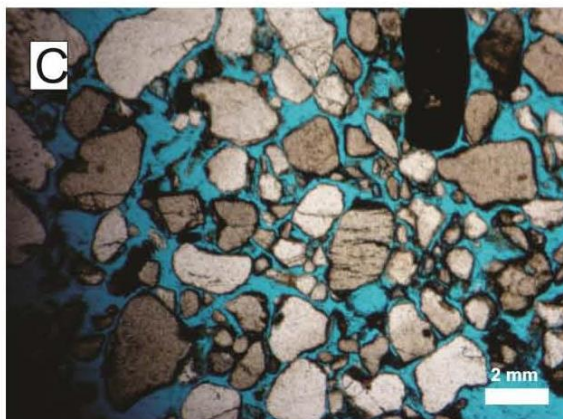
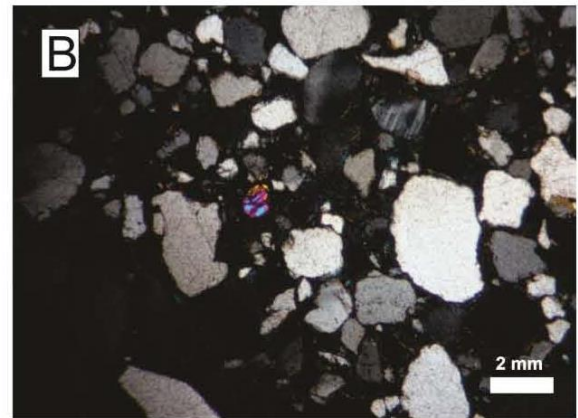
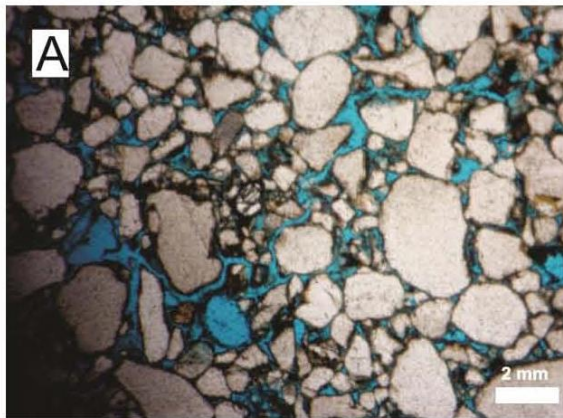
## Descrição

Arcabouço (80%): composto por quartzo (90%) e feldspato (10%), fragmentos líticos (>5%) e traço de opacos e de micas. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos com contatos pontuais.

Matriz (>10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (5%): Precipitação de óxido de ferro.

## FOTOS



Lâmina QT- 09

Profundidade 126,7 m

Prorosidade 10%-15%

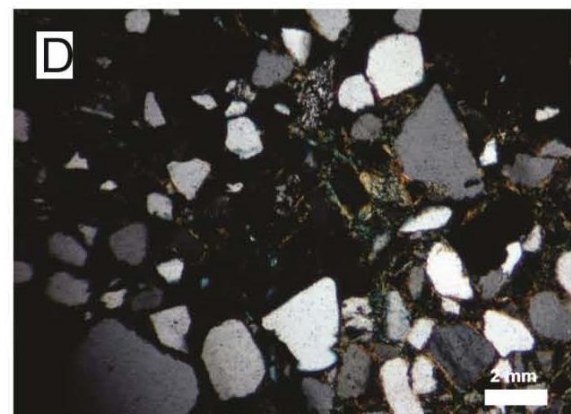
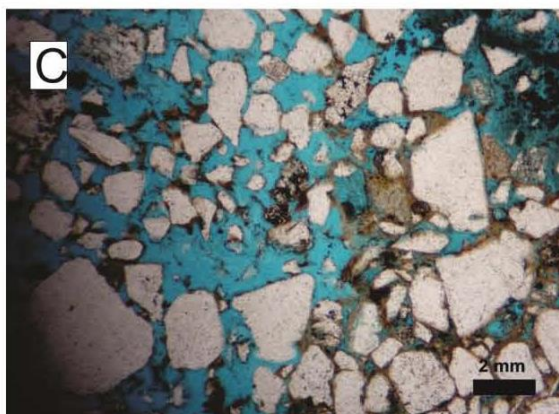
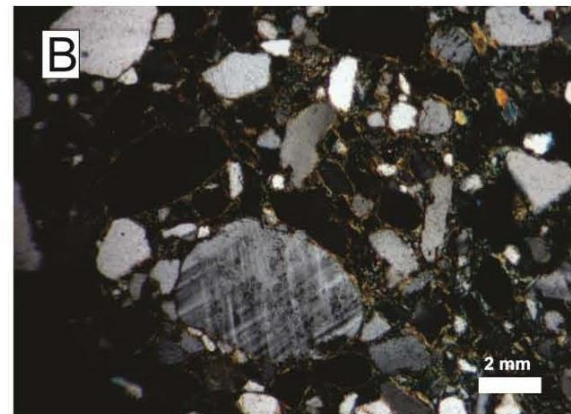
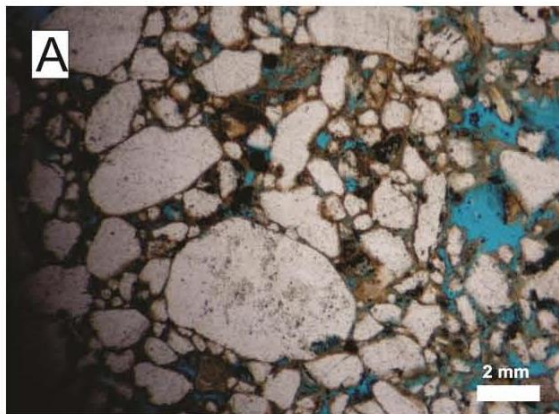
## Descrição

Arcabouço (75%) composto por quartzo (90%) e feldspato (10%) e traço de micas e opacos. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos com contatos pontuais.

Matriz (>10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (5%): Precipitação de óxido de ferro.

## FOTOS



Lâmina QT- 10

Profundidade 122,38 m

Prorosidade 10-15%

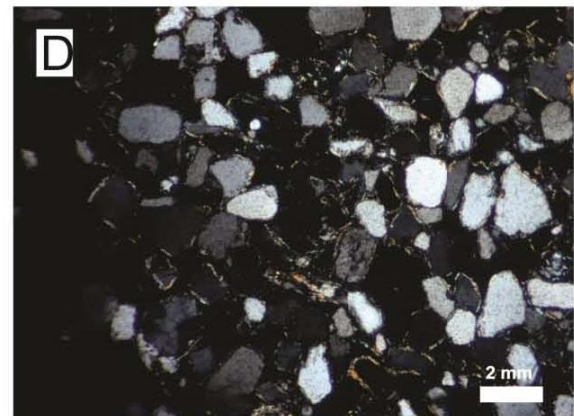
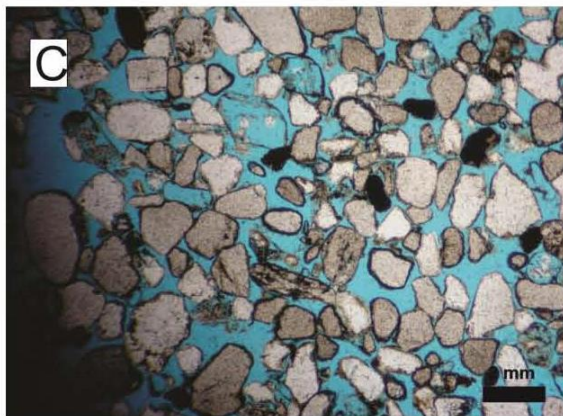
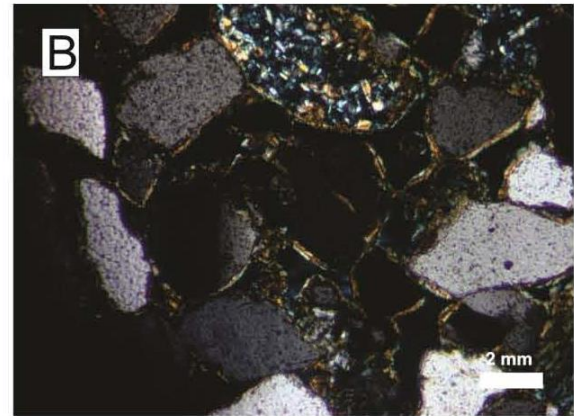
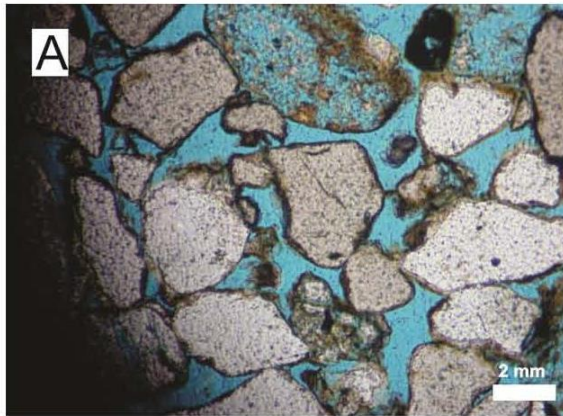
## Descrição

Arcabouço (75%) composto por quartzo (90%), feldspato (10%), fragmentos líticos (>5%) e traços de micas e opacos. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos.

Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação: Não apresentou

## FOTOS



Lâmina QT- 11

Profundidade 120,22 m

Porosidade 10%-15%

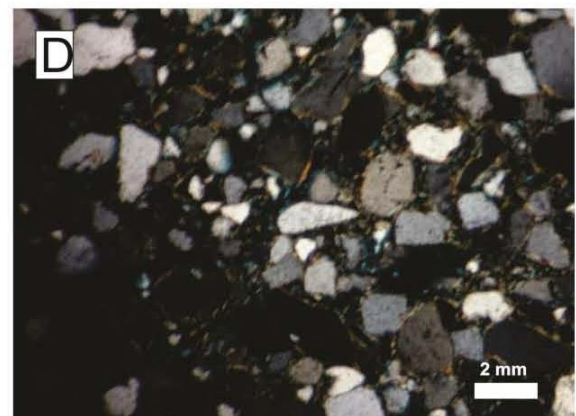
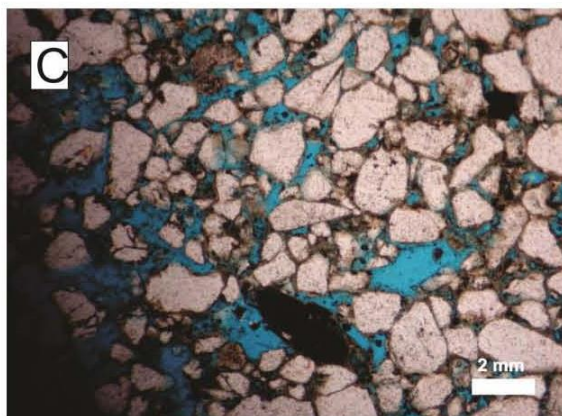
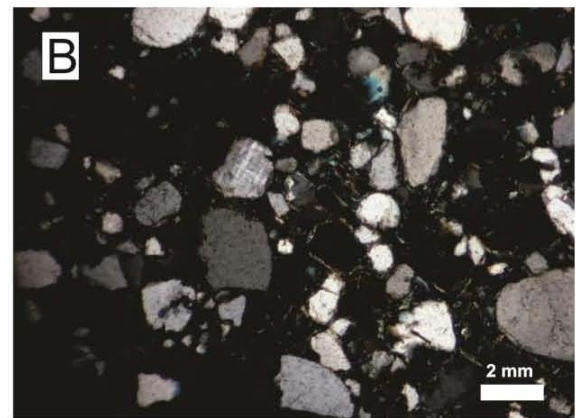
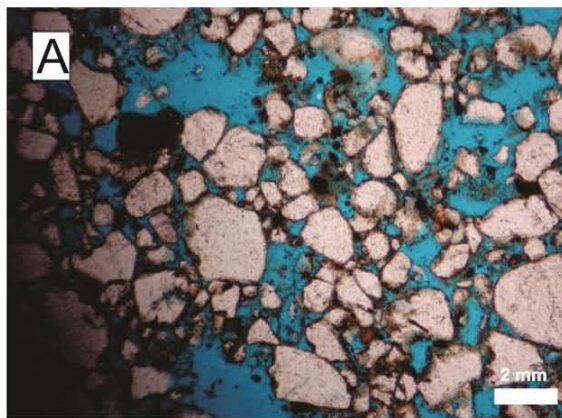
## Descrição

Arcabouço (75%) composto por quartzo (90%) e feldspato (10%) traço de opacos e micas. Os feldspatos observados são plagioclásio e feldspato potássico. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos.

Matriz (>10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (5%): Precipitação de óxido de ferro.

## FOTOS



Lâmina QT- 12

Profundidade 118,18 m

Proriedade 10%

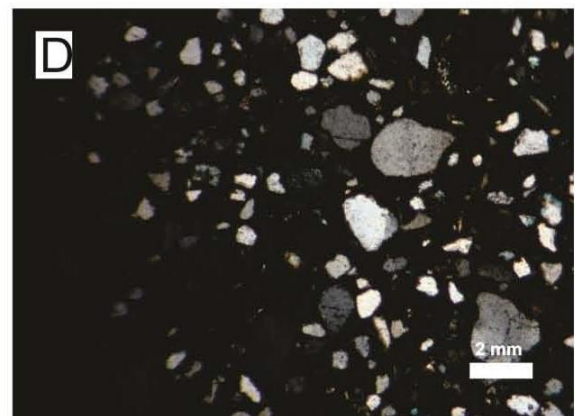
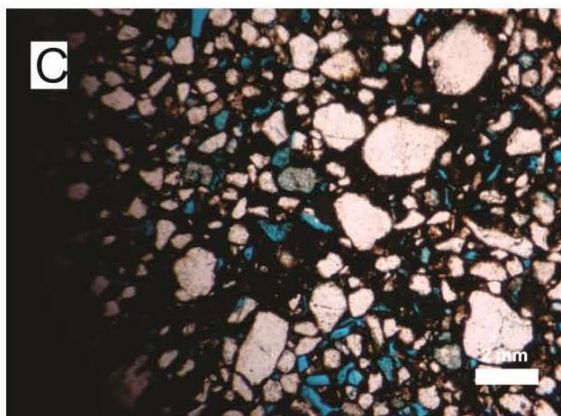
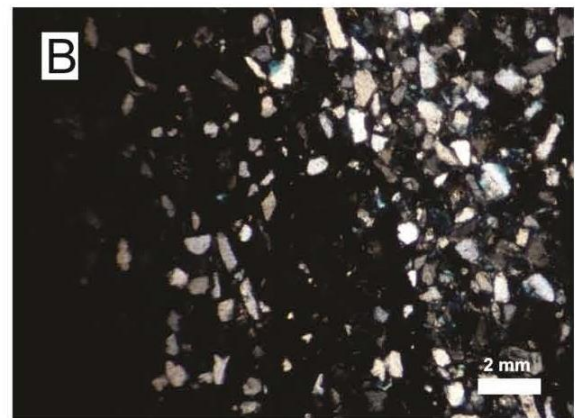
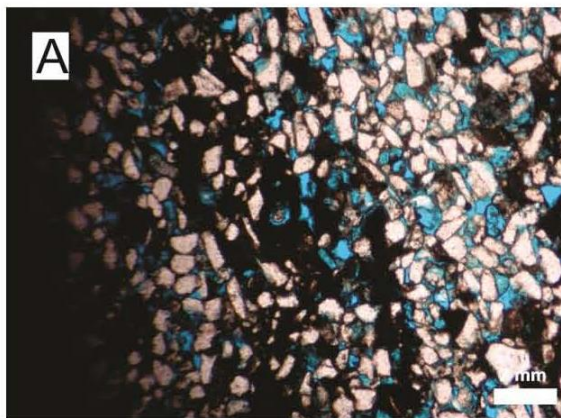
## Descrição

Arcabouço (75-80%): composto por quartzo (85%), feldspato (10%), opacos (5%) e traço de micas. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos.

Matriz (>10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (10%): Precipitação de óxido de ferro.

## FOTOS



Lâmina QT- 13

Profundidade 117,64 m

Prorosidade 5-10%

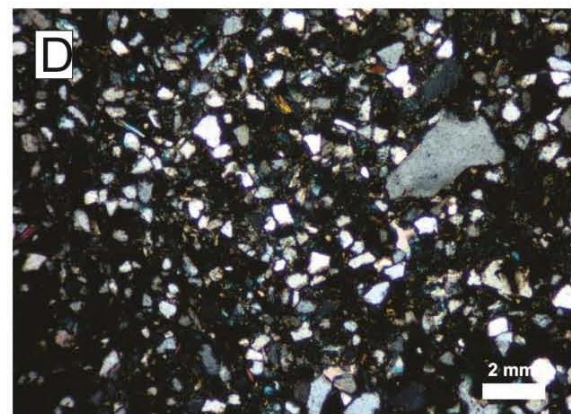
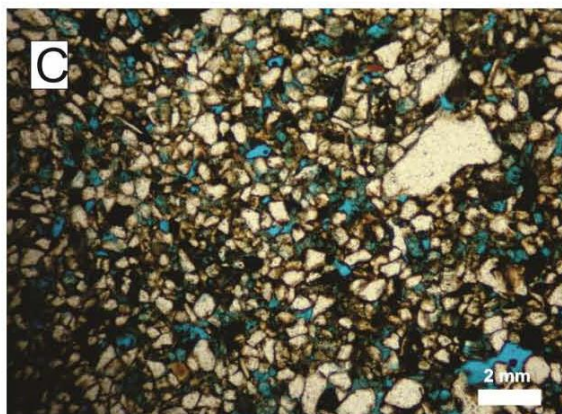
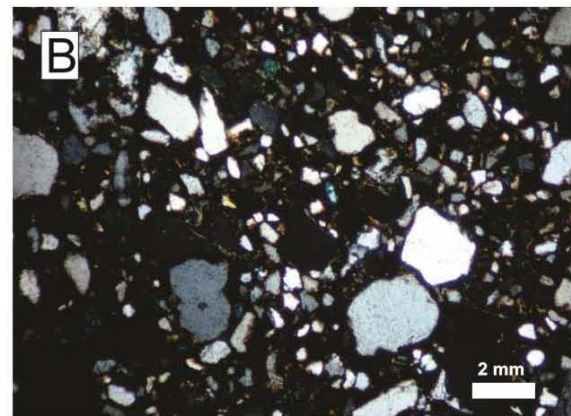
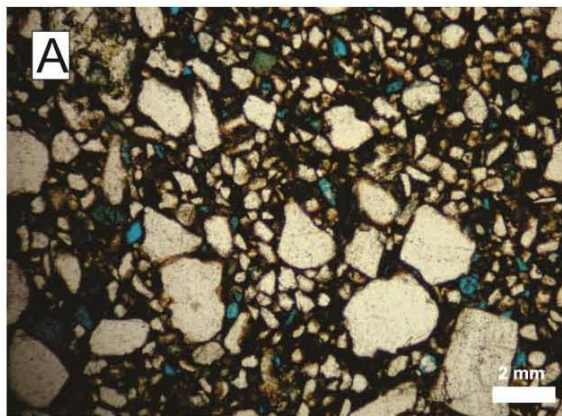
## Descrição

Arcabouço (70-75%): composto por quartzo (85%), feldspato (10%), opacos (5%) e traço de micas. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos.

Matriz (>10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (10%): Precipitação de óxido de ferro.

## FOTOS



Lâmina QT- 14

Profundidade 113,92 m

Prorosidade 10%

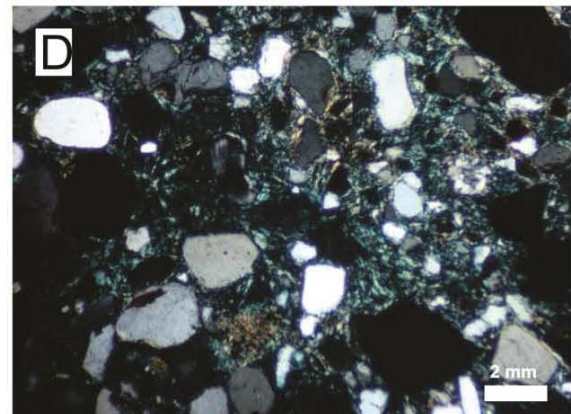
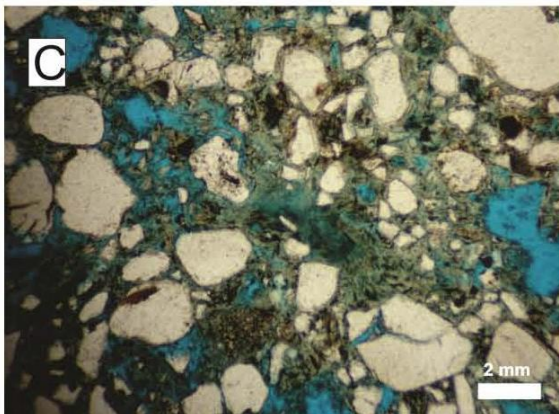
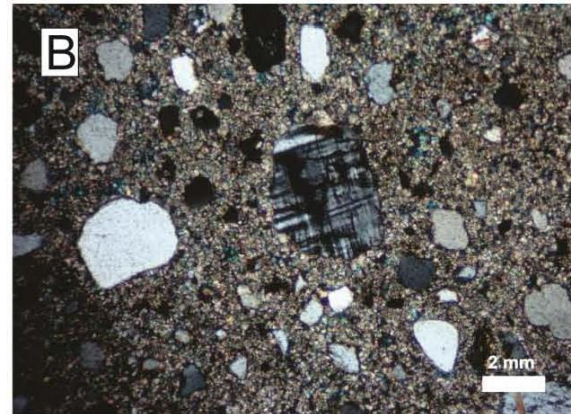
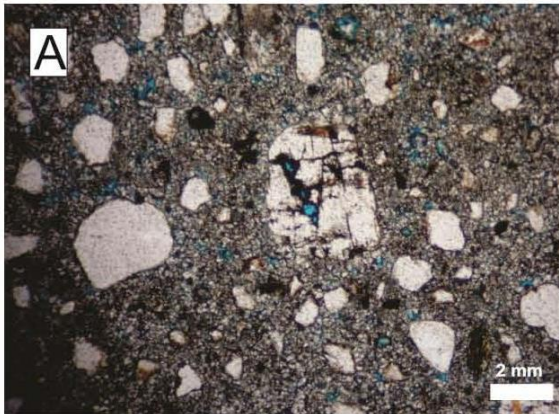
## Descrição

Arcabouço (70%): composto por quartzo (90%), feldspato (10%) e traço de micas e opacos. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos. Feldspatos com feições de dissolução.

Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (10%): Precipitação de carbonato.

## FOTOS



Lâmina QT- 15

Profundidade 111,48 m

Porosidade 5-10%

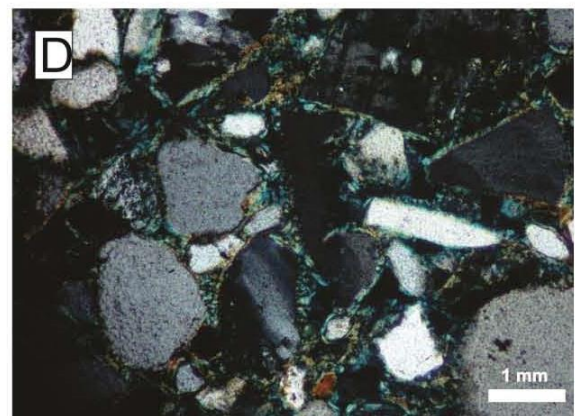
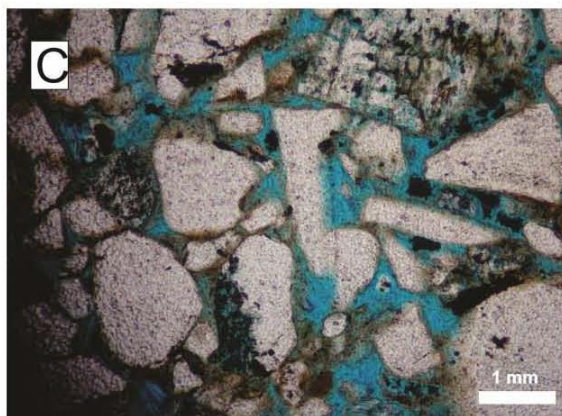
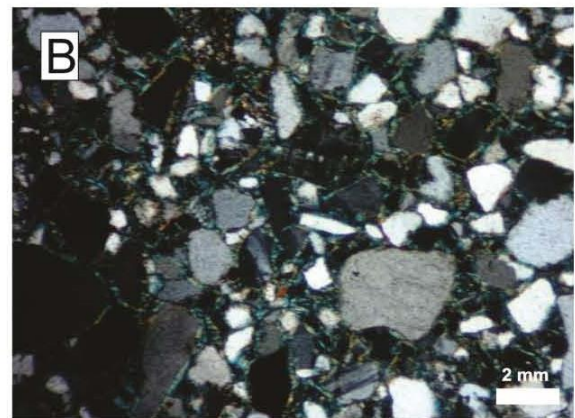
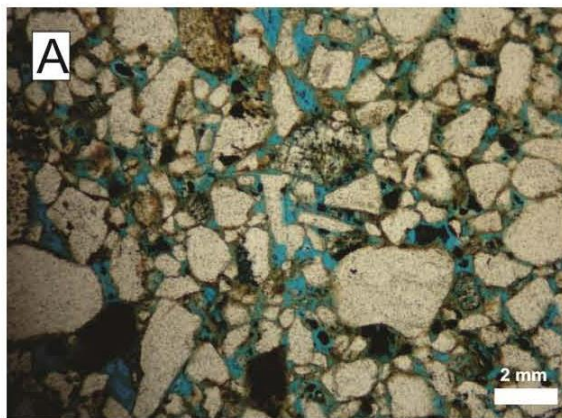
## Descrição

Arcabouço (80%): composto por quartzo (85%) e feldspato (10%) opacos (5%) e traço de micas. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos. Feldspatois com feiçoes de dissolução.

Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação: Não apresentou.

## FOTOS





Lâmina QT- 16

Profundidade 108,76 m

Prorosidade 10%

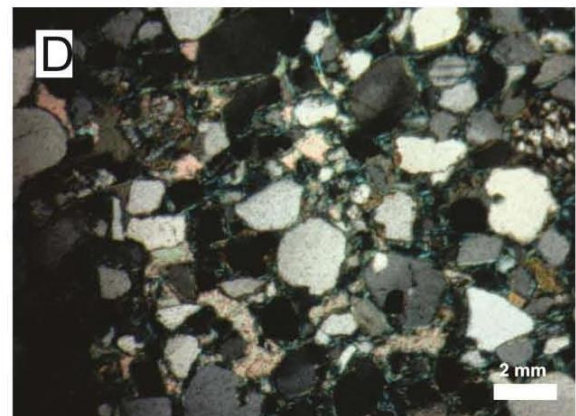
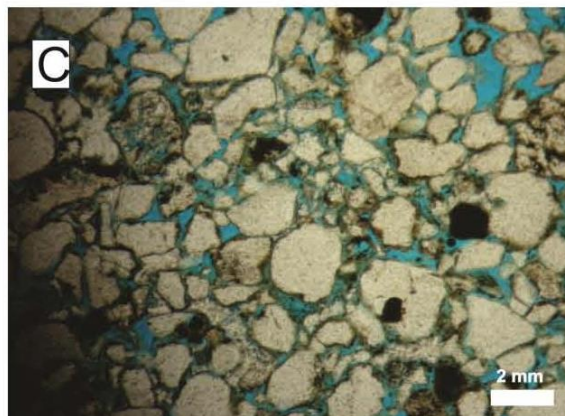
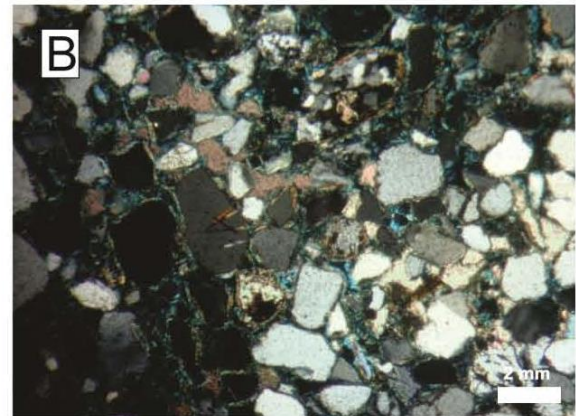
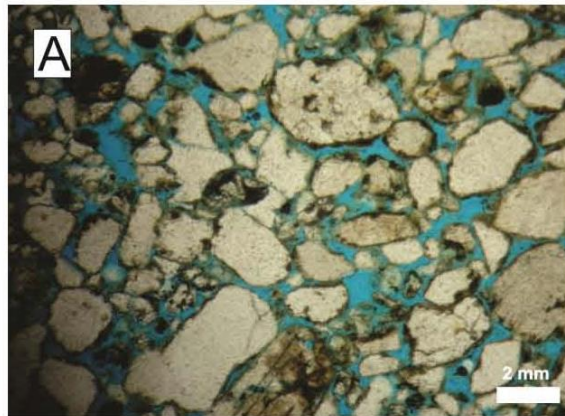
## Descrição

Arcabouço (75%): composto por quartzo (85%), feldspato (10%) opacos (5%) e traço de micas. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos. Feldspatos apresentam feições de dissolução.

Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (5%): Precipitação de carbonato.

## FOTOS



Lâmina QT- 17

Profundidade 105,74 m

Prorosidade 5-10%

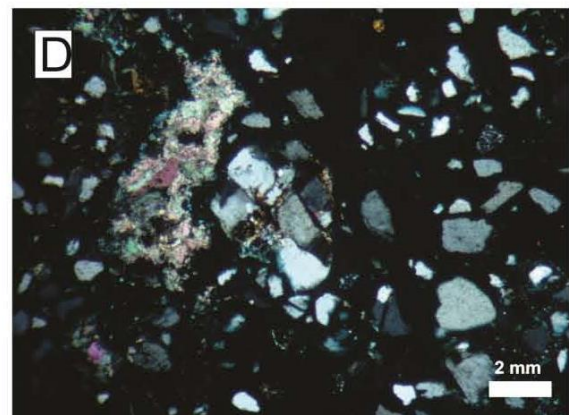
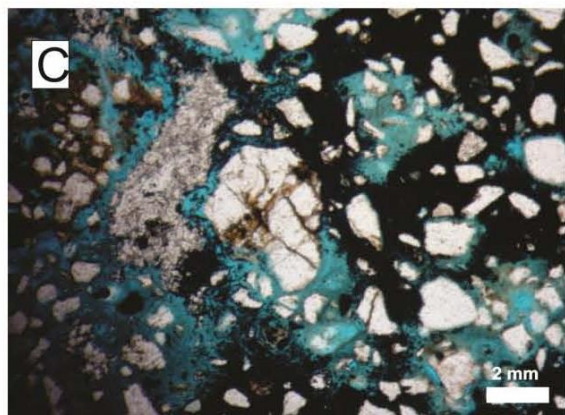
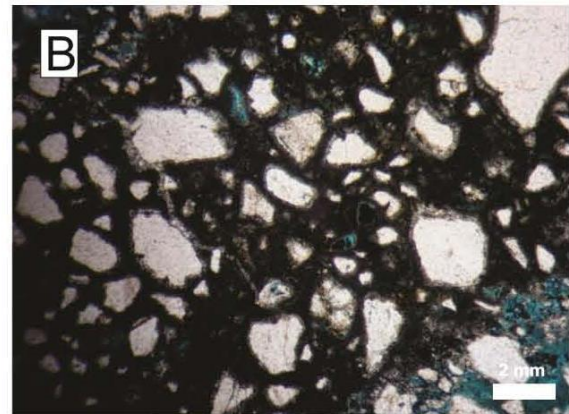
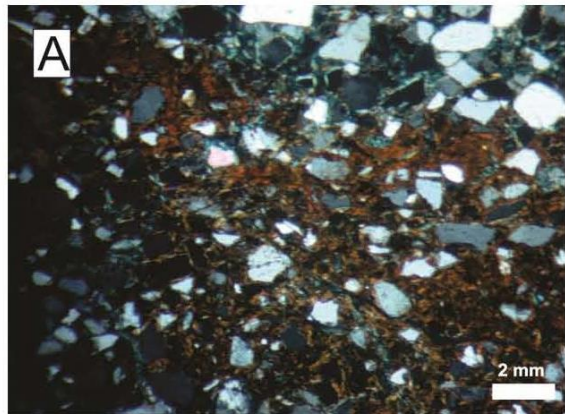
## Descrição

Arcabouço (65%): composto por quartzo (85%), feldspato (10%) opaco (5%) e traços de micas. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos são subarredondados e subangulosos. Feldspatos possuem feições de dissolução com precipitação de óxido de ferro nos poros

Matriz (>10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação(10-15%): Precipitação de óxido de ferro (5%) e carbonato (5-10%)

## FOTOS



Lâmina QT- 18

Profundidade 98,62 m

Prorosidade 10%

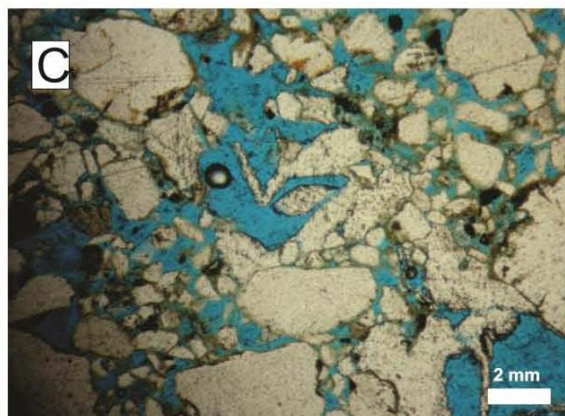
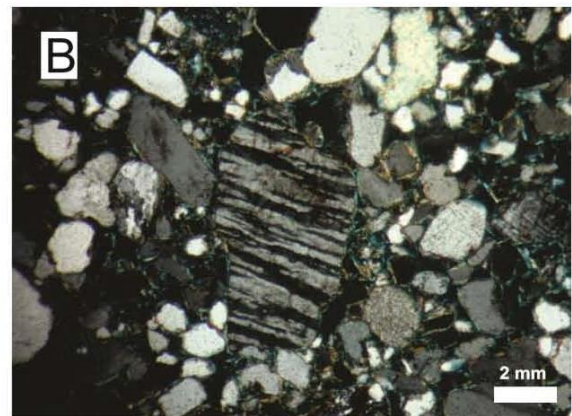
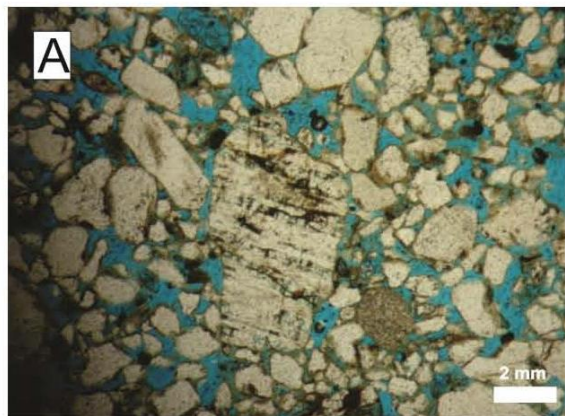
## Descrição

Arcabouço (80%): composto por quartzo (85%) e feldspato (10%) opaco (5%) e traço de micas. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos. Feldspatos possuem feições de dissolução com precipitação de calcita nos poros.

Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação: Não apresentou

## FOTOS



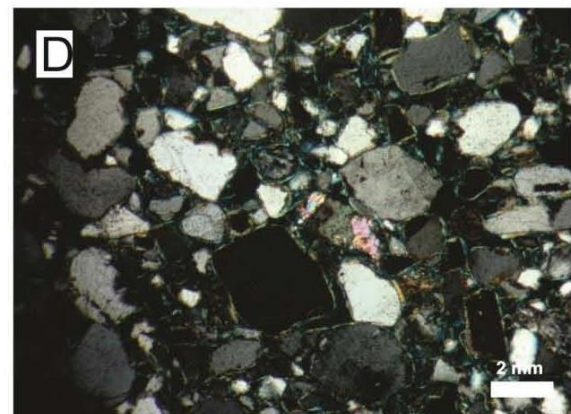
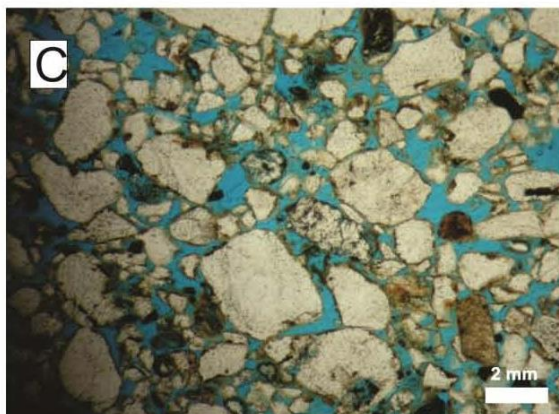
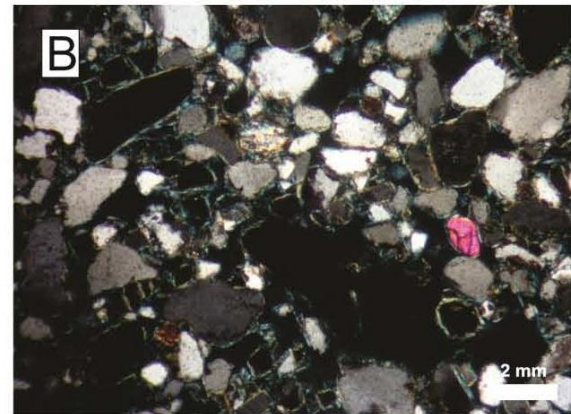
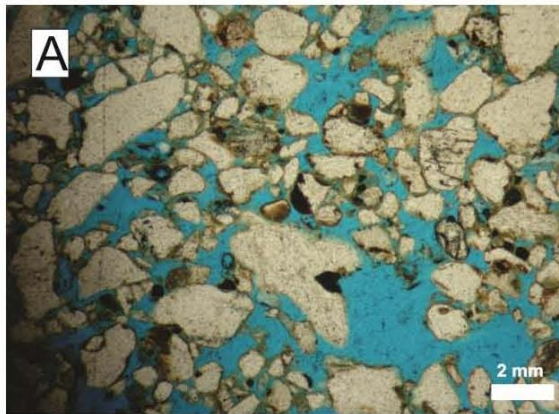
Lâmina QT- 19

Profundidade 97,28 m

Prorosidade 10%

Descrição
Arcabouço (80%): composto por quartzo (85%), feldspato (10%) opacos (5%) fragmentos líticos (>5%) traços de micas. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos.
Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos
Cimentação: Não apresentou

## FOTOS



Lâmina QT- 20

Profundidade 94,26 m

Prorosidade 15%

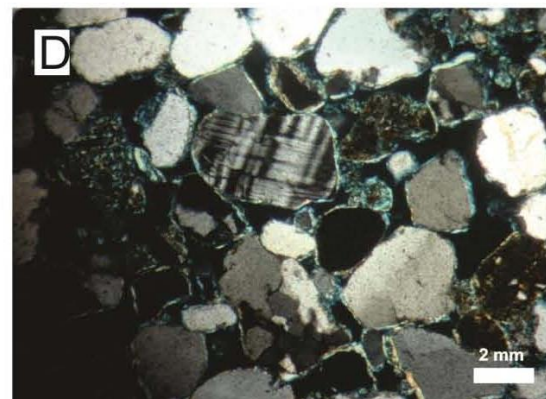
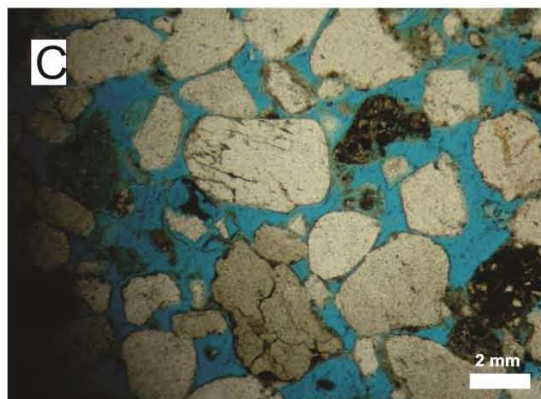
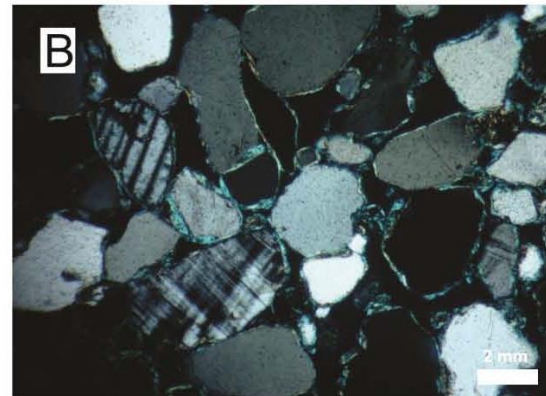
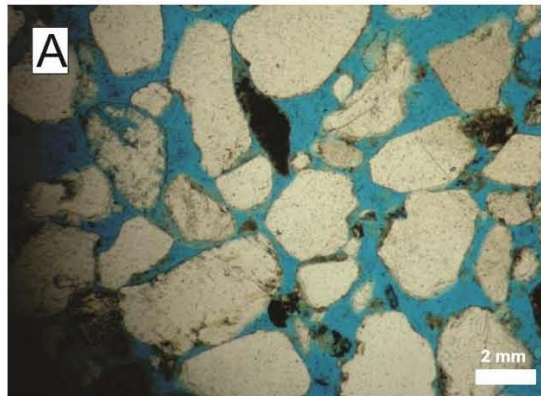
## Descrição

Arcabouço (70%): composto por quartzo (90%) e feldspato (10%) e traço de micas opacos. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos são subarredondados a subangulosos. Feldspato apresentam feições de dissolução

Matriz (15%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação: Não apresentou

## FOTOS



Lâmina QT- 21

Profundidade 94,78 m

Prorosidade 15%

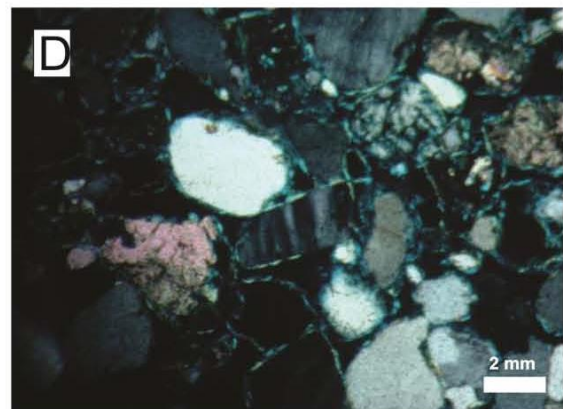
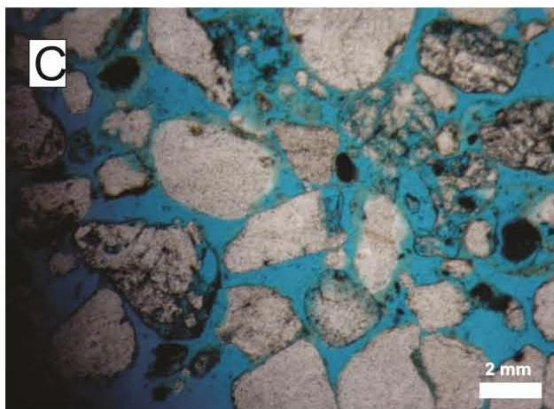
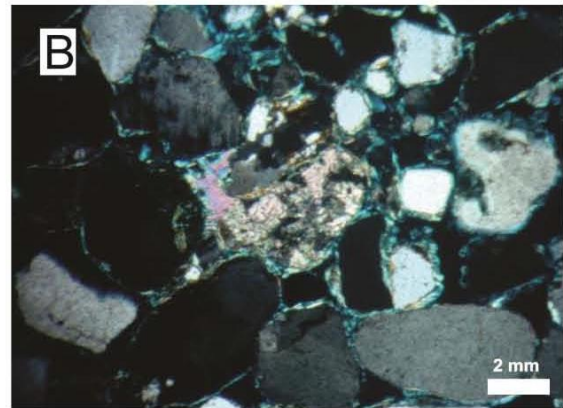
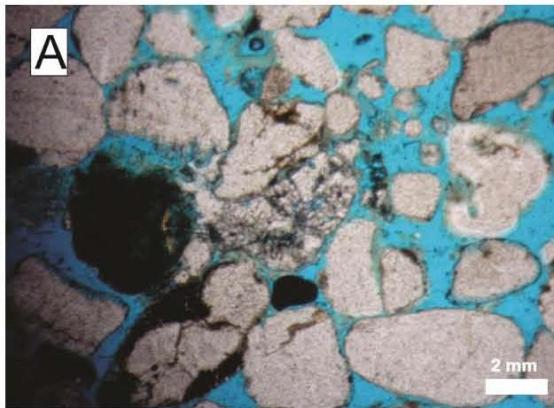
## Descrição

Arcabouço(70%) : composto por quartzo (90%) e feldspato (10%) traço de opacos e micas. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e contatos pontuais. Os grãos são subarredondados a subangulosos. Feldspatos com feições de dissolução e precipitação de calcita.

Matriz (15%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação: Não apresentou.

## FOTOS



Lâmina QT- 22

Profundidade 89,78 m

Prorosidade 10-15%

## Descrição

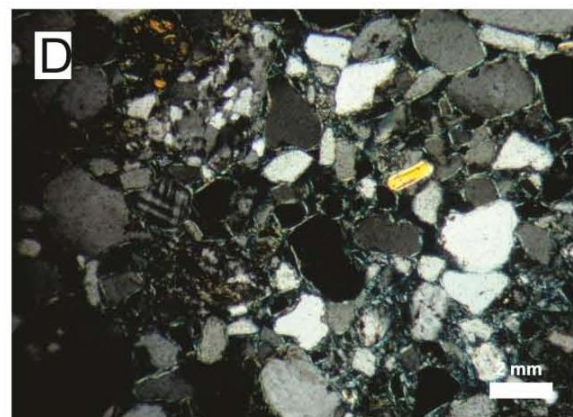
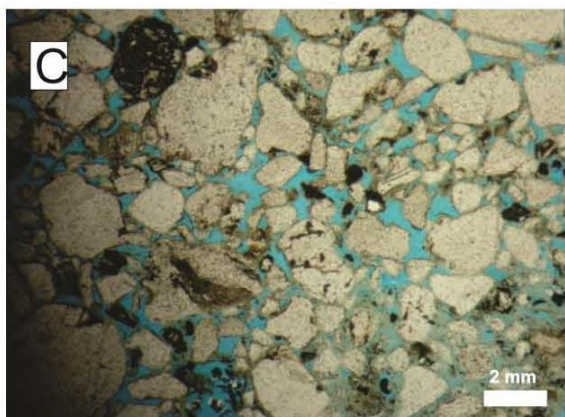
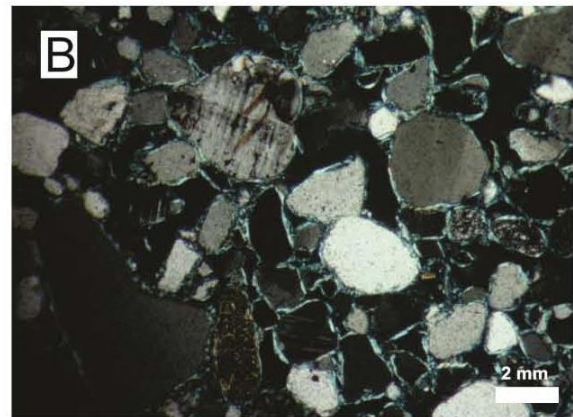
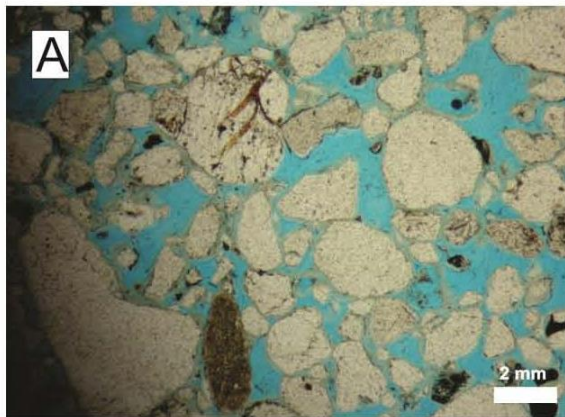
Arcabouço (75%): composto por quartzo (90%) e feldspato (10%) traço de micas e opaco.

Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos são subarredondados e subangulosos. Feldspatos com feições de dissolução.

Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação: Não apresentou.

## FOTOS



Lâmina QT- 23

Profundidade 91,7 m

Prorosidade 10%

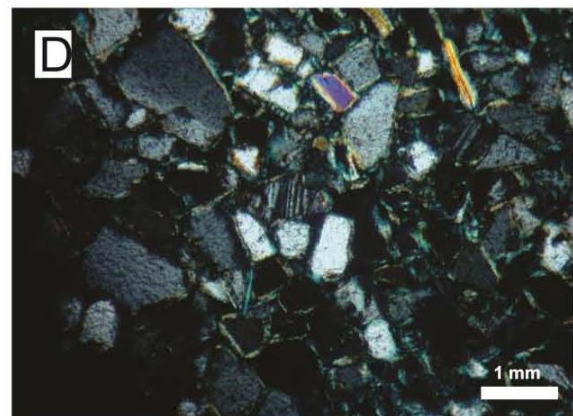
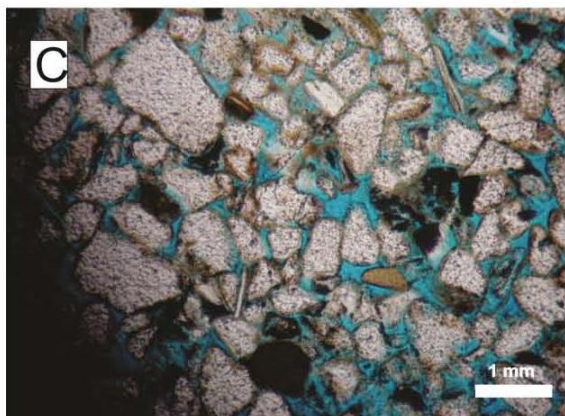
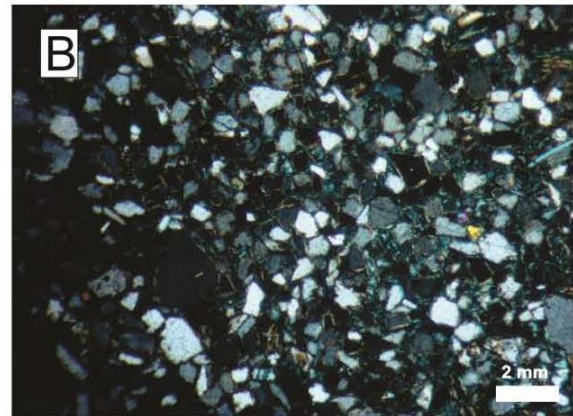
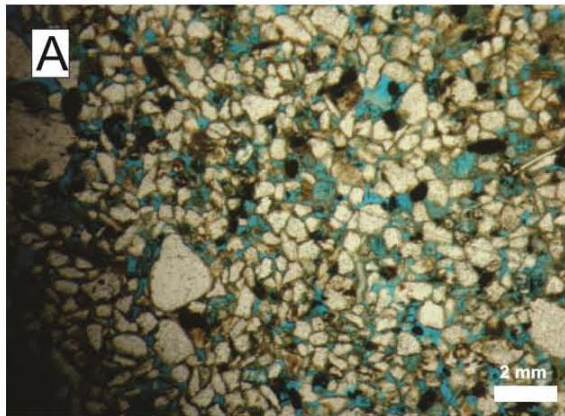
## Descrição

Arcabouço(80%): composto por quartzo (85%), feldspato (15%), e traço de micas e opaco. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos.

Matriz (15%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação: Não apresentou.

## FOTOS





Lâmina QT- 24

Profundidade 84,84 m

Prorosidade 10%

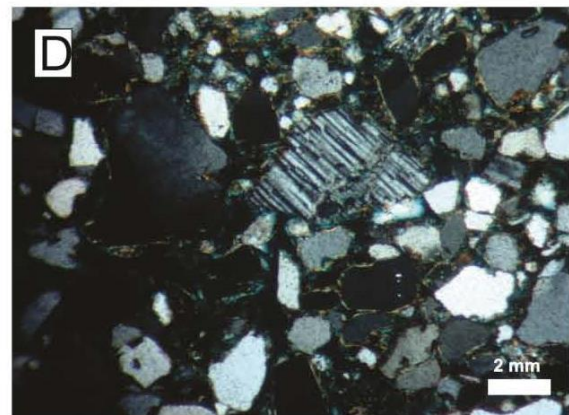
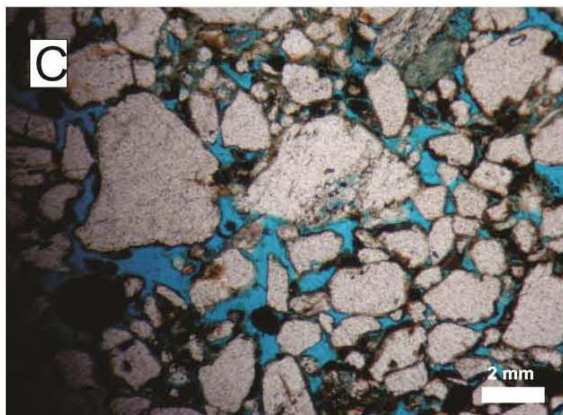
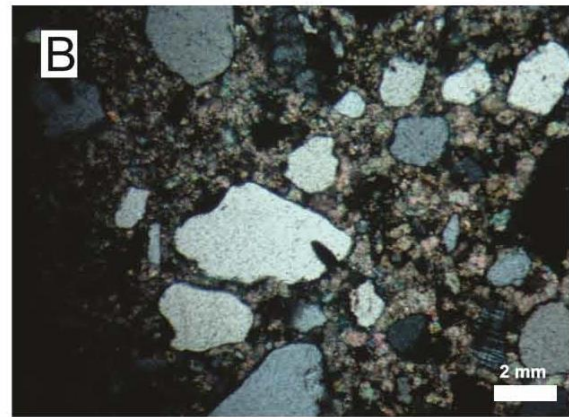
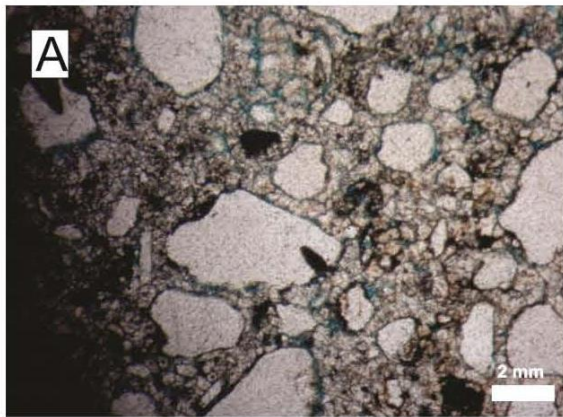
## Descrição

Arcabouço(70-75%): composto por quartzo (85%) e feldspato (15%) traço de opacos e micas. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos. Feldspatos com feições de dissolução e precipitação de calcita

Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação(5-10%): nódulos carbonáticos

## FOTOS



Lâmina QT- 25

Profundidade 84,5 m

Porosidade 10%

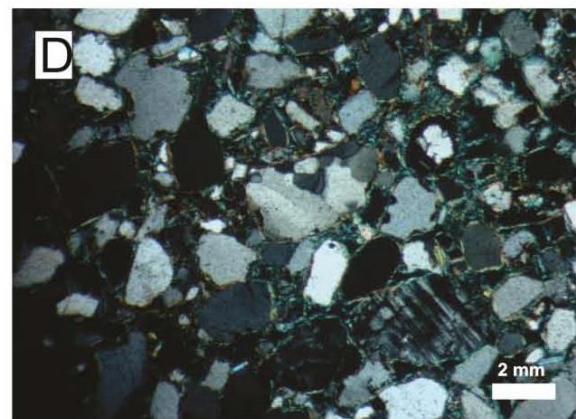
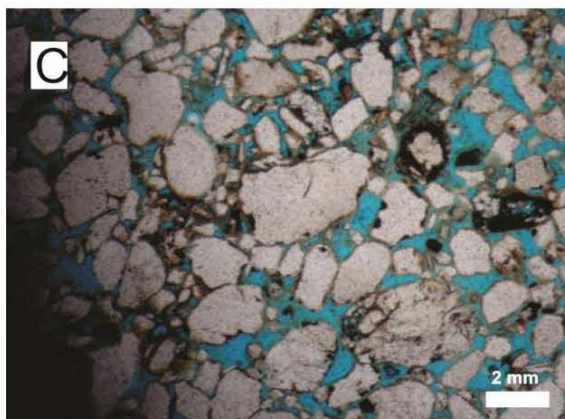
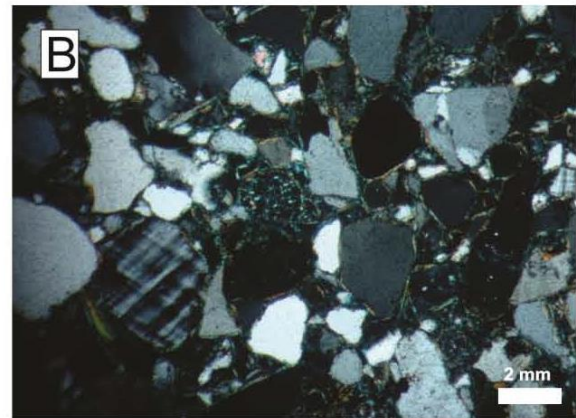
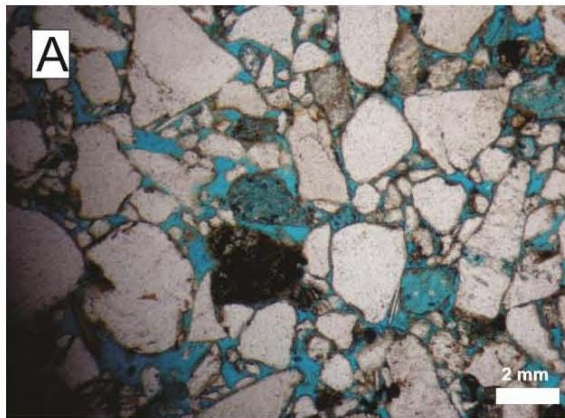
## Descrição

Arcabouço(75%): composto por quartzo (90%) e feldspato (10%) e traço de opacos e micas. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos. Feldspatos apresentam feições de dissolução.

Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (5%): Precipitação de carbonato.

## FOTOS



Lâmina QT- 26

Profundidade 83,8 m

Prorosidade 10%

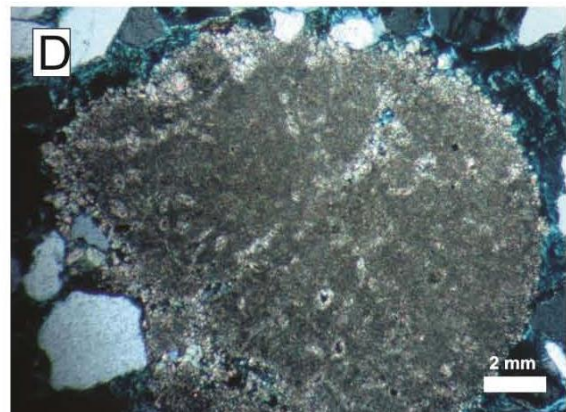
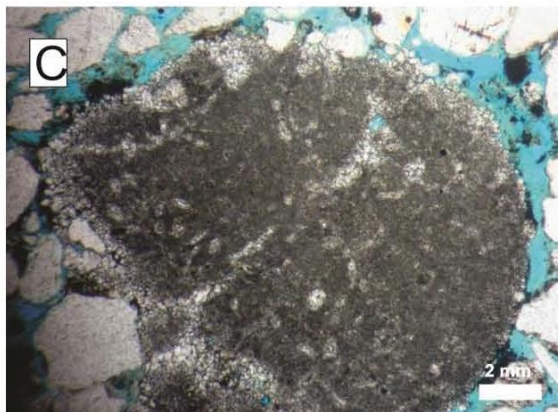
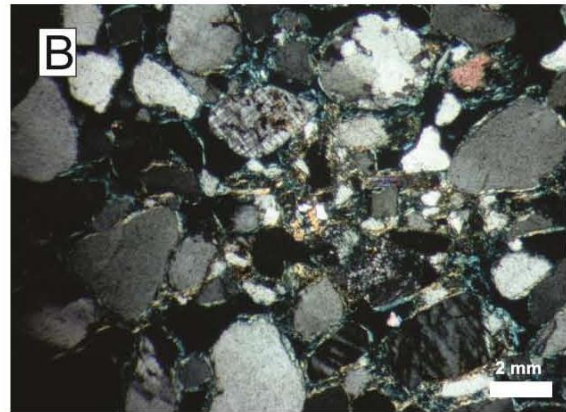
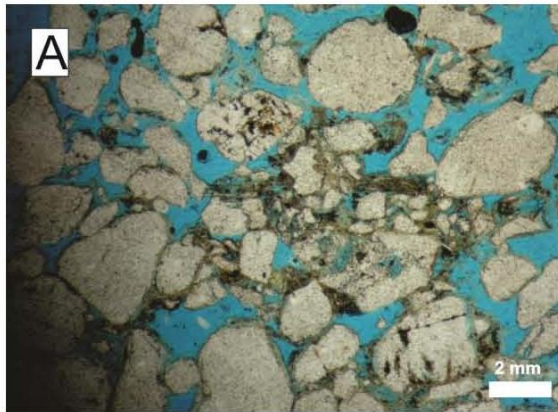
## Descrição

Arcabouço (70%): composto por quartzo (90%) e feldspato (10%) e traço de micas e opacos. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos. Feldspatos com feições de dissolução.

Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação(10%): precipitação de óxido de ferro (5%) e nódulos carbonáticos (5%).

## FOTOS



Lâmina QT- 27

Profundidade 77,14 m

Proriedade 10%

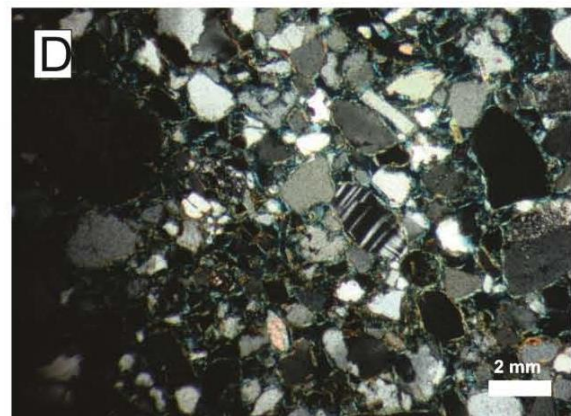
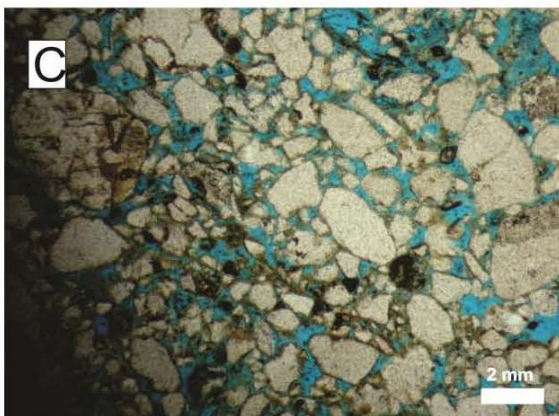
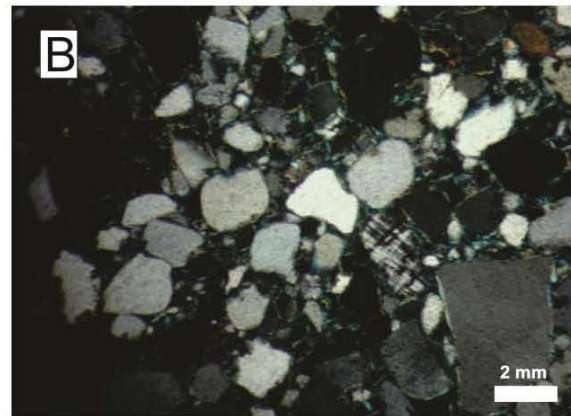
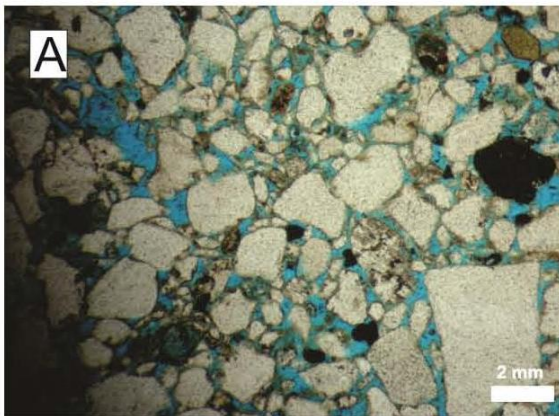
## Descrição

Arcabouço (80%): composto por quartzo (90%) feldspato (10%) traço de micas e opacos. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos. Feldspatos com feições de dissolução.

Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação: Não apresentou.

## FOTOS



Lâmina QT- 28

Profundidade 77,64 m

Prorosidade 15%

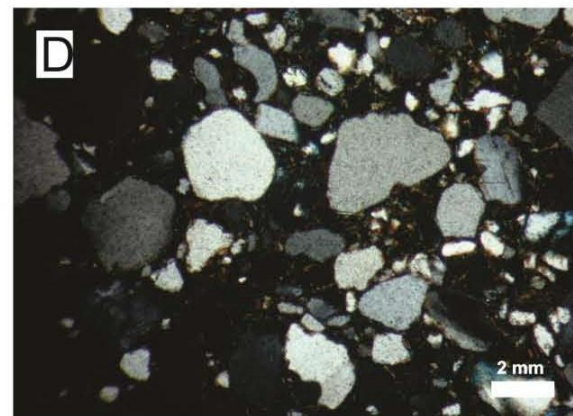
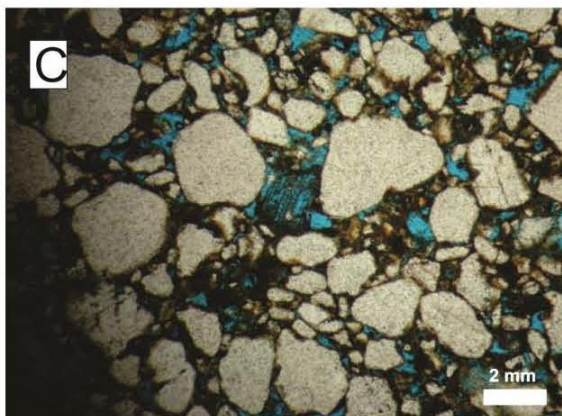
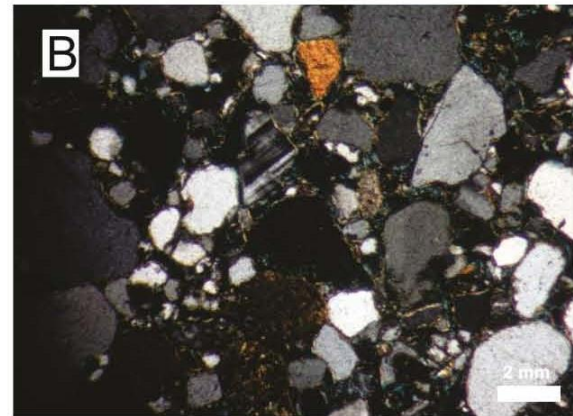
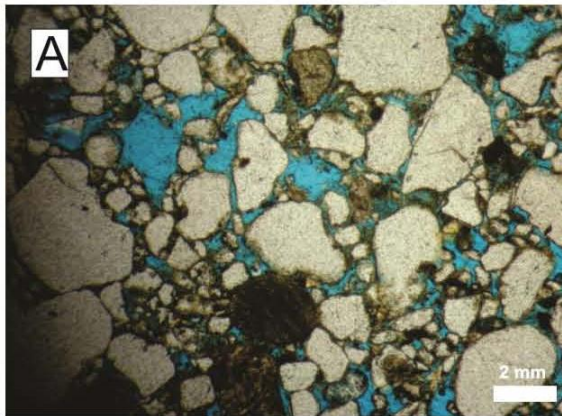
## Descrição

Arcabouço (70%): composto por quartzo (85%) feldspato (15%) e traço de micas e opacos. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos. Feldspatos possuem feições de dissolução.

Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (5%): Precipitação de óxido de ferro.

## FOTOS



Lâmina QT- 29

Profundidade 73,22 m

Prorosidade 5-10%

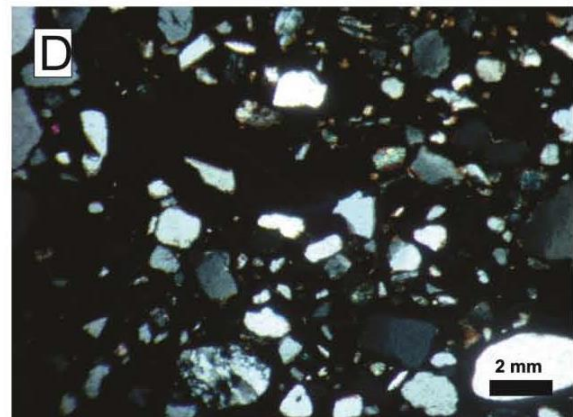
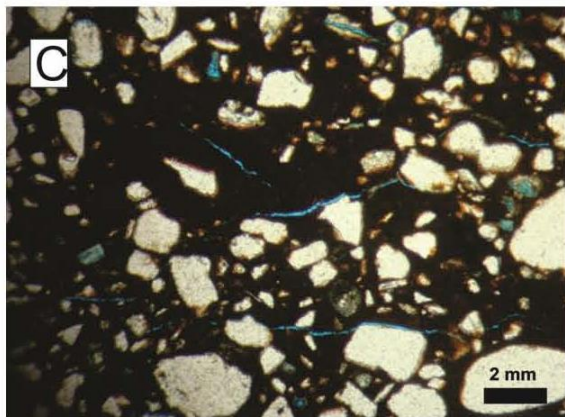
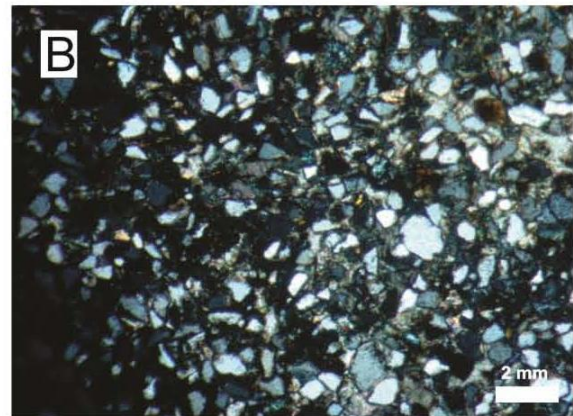
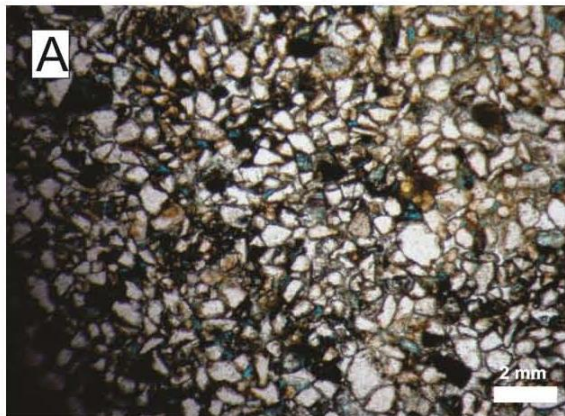
## Descrição

Arcabouço (70%): composto por quartzo (85%), feldspato (10%), opacos(5-10%) e traço de micas. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos. A granulometria é fina.

Matriz (5%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (15%): precipitação carbonática (5%) precipitação de óxido de ferro (10%).

## FOTOS



Lâmina QT- 30

Profundidade 74,52 m

Prorosidade 10%

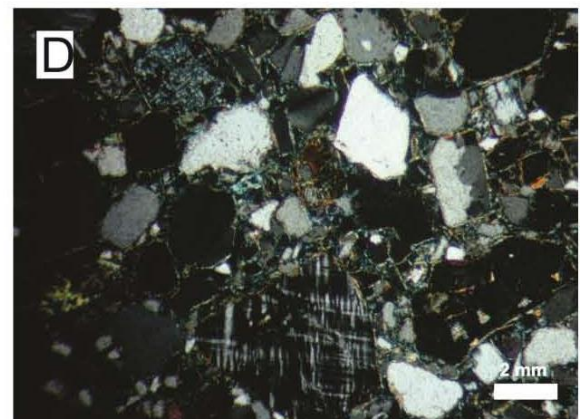
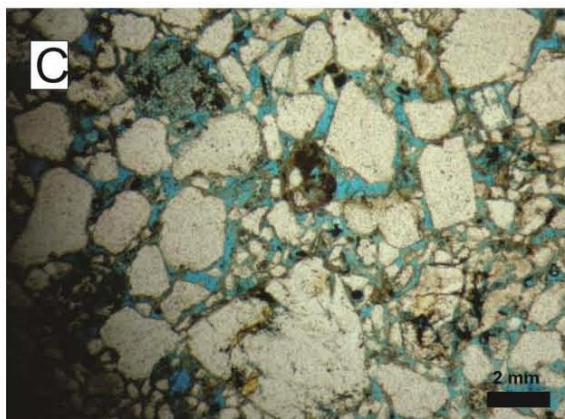
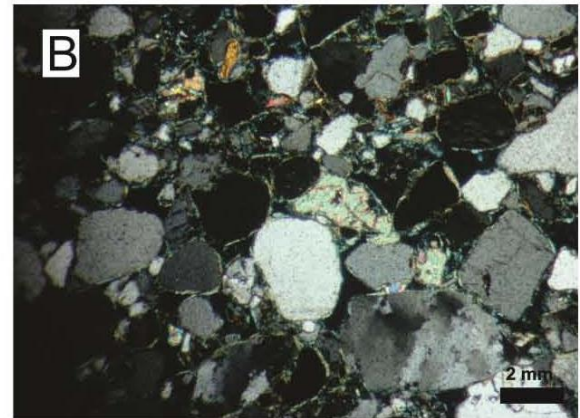
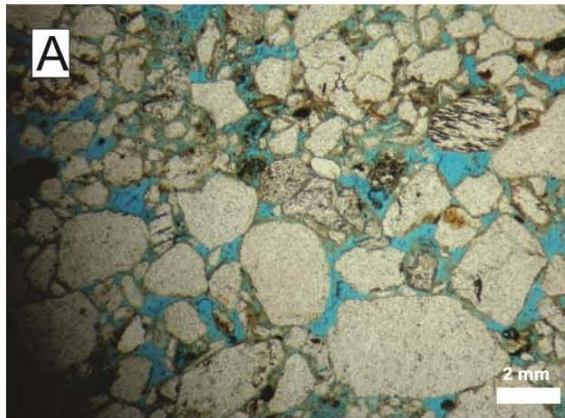
## Descrição

Arcabouço (75%): composto por quartzo (90%) e feldspato (10%) e traço de micas e opacos. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos. Possui traço de opacos.

Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (5-10%): Precipitação de carbonato.

## FOTOS



Lâmina QT- 31

Profundidade 70,68 m

Prorosidade 5-10%

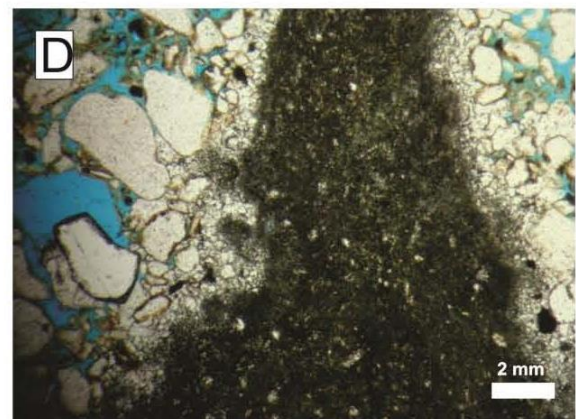
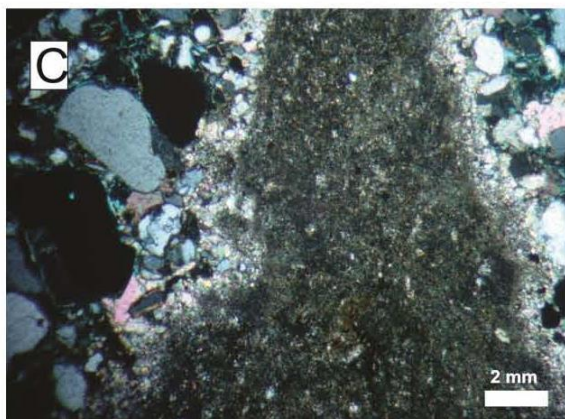
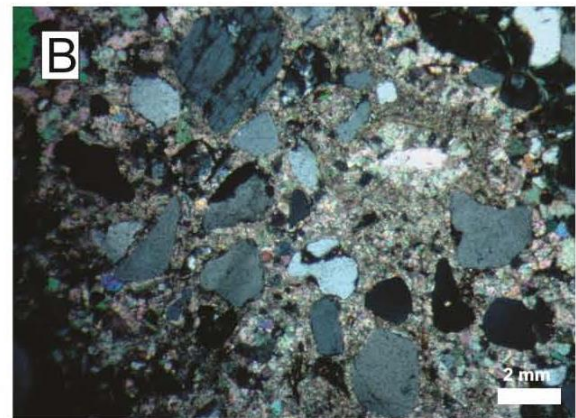
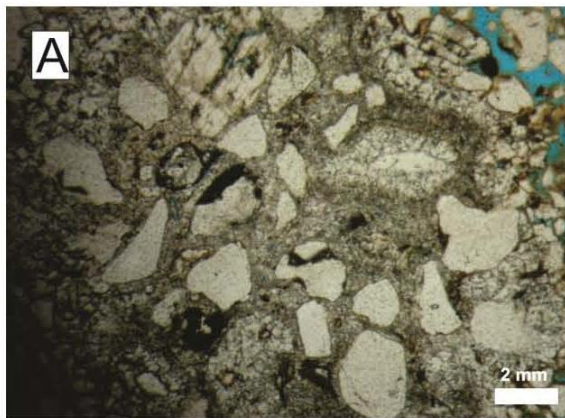
## Descrição

Arcabouço (80%): composto por quartzo (90%) feldspato (10%) e traço de micas e opacos. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos. Feldspatos com feições de dissolução.

Matriz (>10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (10%): Precipitação carbonática.

## FOTOS





Lâmina QT- 32

Profundidade 65,88 m

Prorosidade 10%

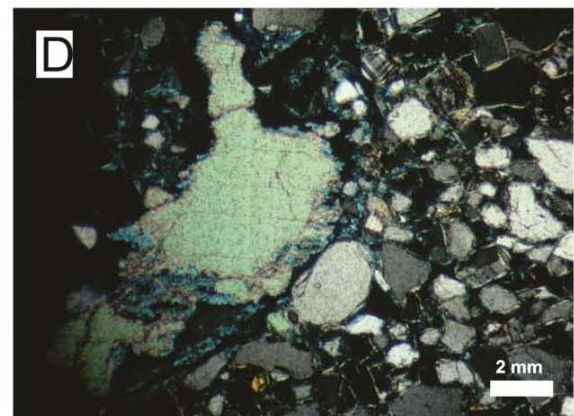
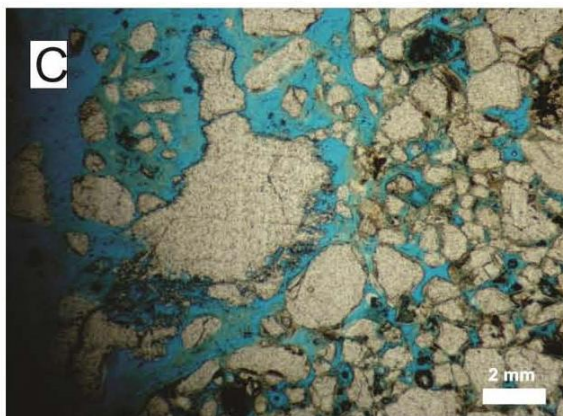
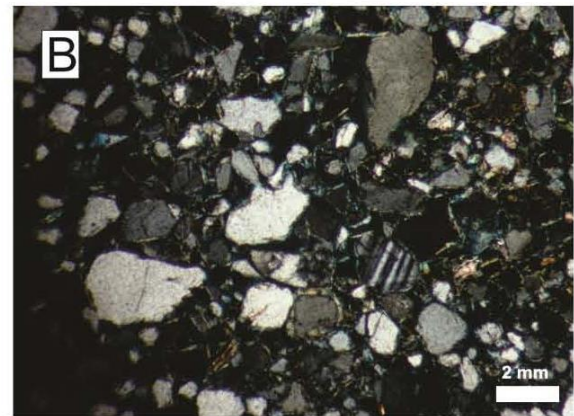
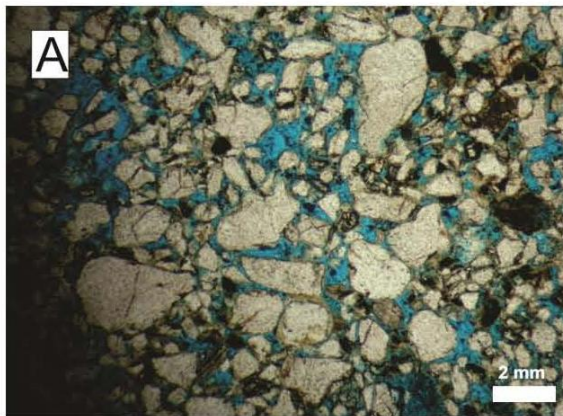
## Descrição

Arcabouço (80%): composto por quartzo (90%) feldspato (10%) e traço de micas e opacos. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos.

Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (>5%): Precipitação de carbonato.

## FOTOS



Lâmina QT- 33

Profundidade 66,36 m

Prorosidade 10%

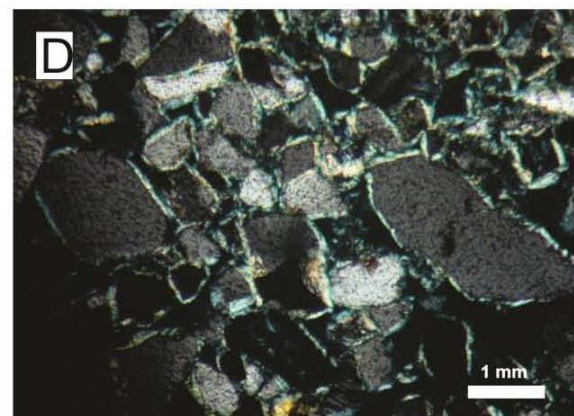
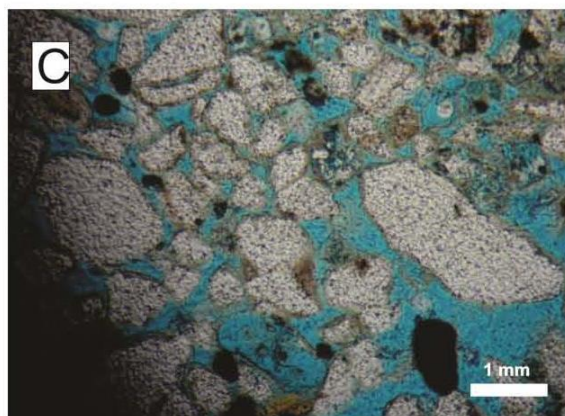
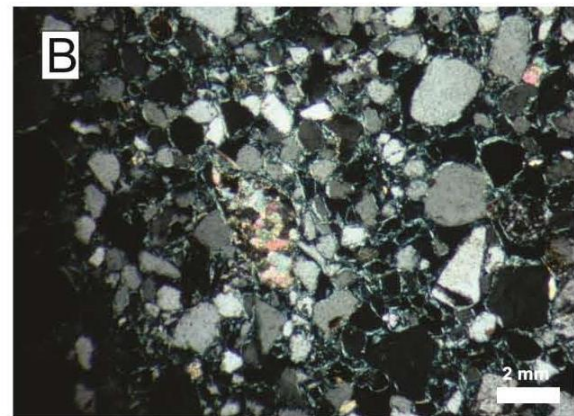
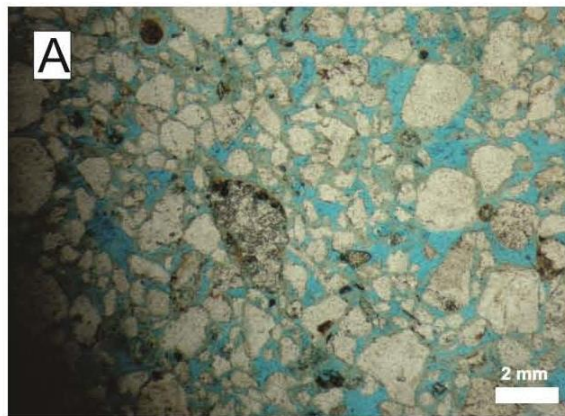
## Descrição

Arcabouço (80%): composto por quartzo (85%), feldspato (15%) e traço de mica e opaco. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos. Feldspatos com feições de dissolução e precipitação de calcita.

Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (>5%): Precipitação de carbonato.

## FOTOS



Lâmina QT- 34

Profundidade 62,26 m

Prorosidade 5-10%

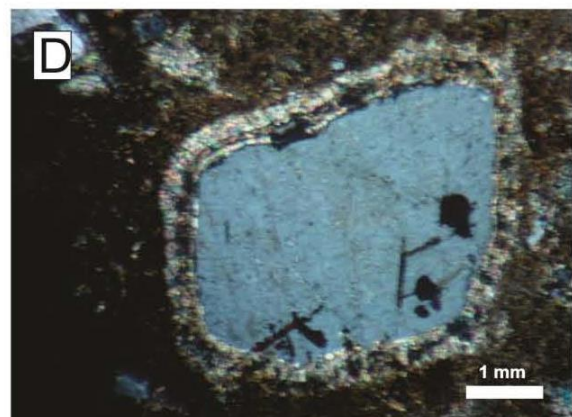
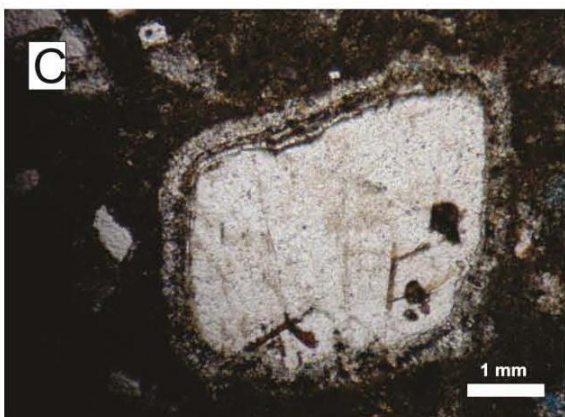
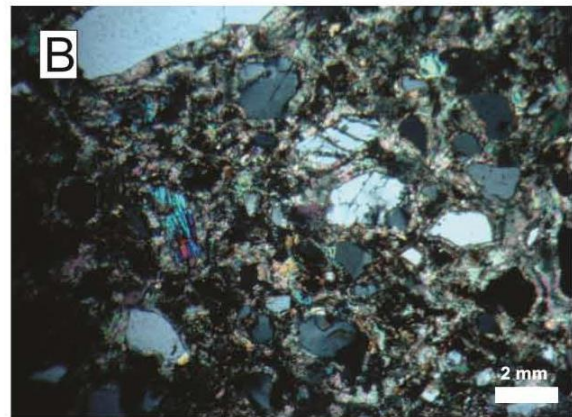
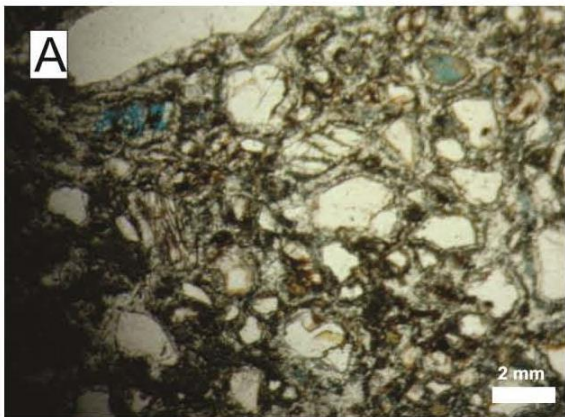
## Descrição

Arcabouço (80%): composto por quartzo (90%), feldspato (10%) e traço de micas e opacos. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos. Feldspatos possuem feições de dissolução.

Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (10%): Precipitação de carbonato.

## FOTOS



Lâmina QT- 35

Profundidade 63,86 m

Prorosidade 15%

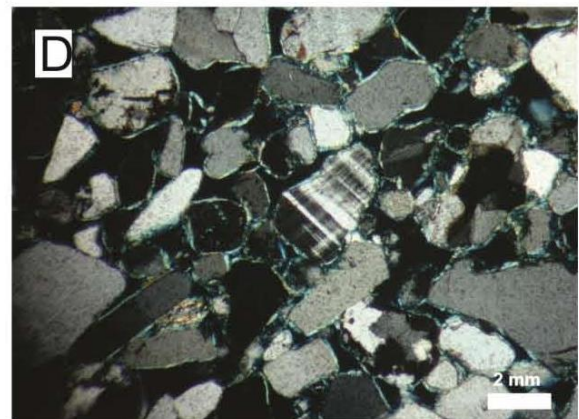
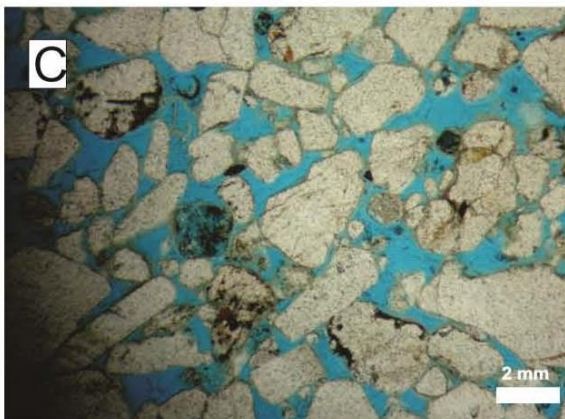
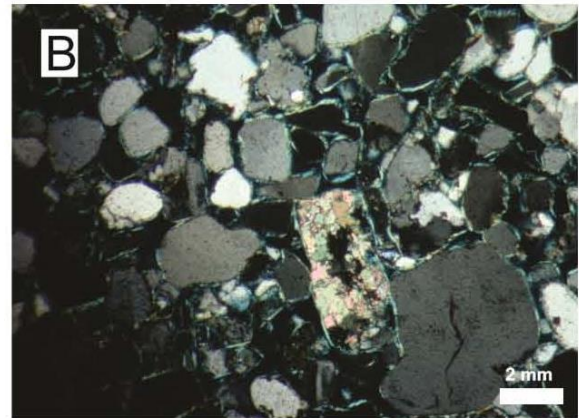
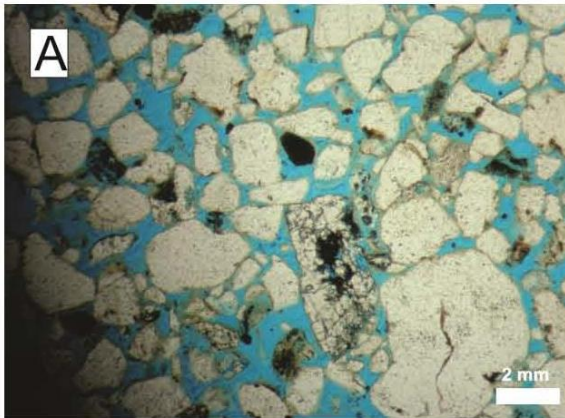
## Descrição

Arcabouço (75%): composto por quartzo (85%), feldspato (15%) e traço de micas e opacos. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos. Feldspatos possuem feições de dissolução com precipitação de calcitas nos poros.

Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação: Não apresentou.

## FOTOS



Lâmina QT- 36

Profundidade 59,36 m

Prorosidade 5-10%

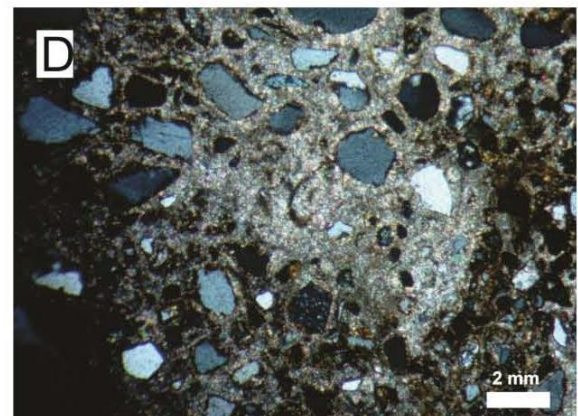
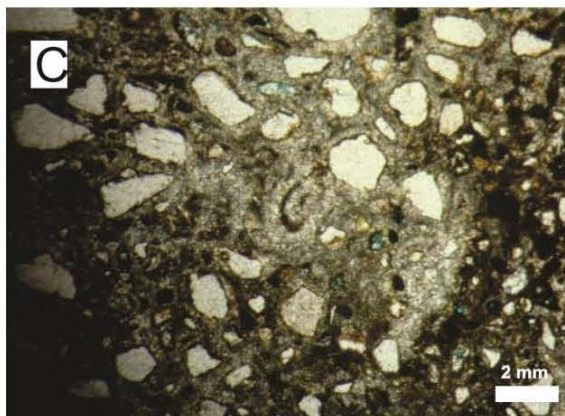
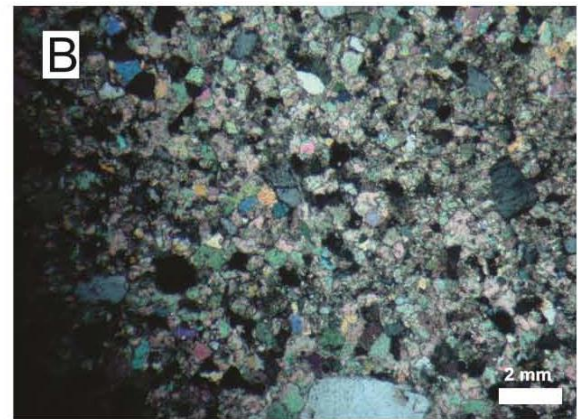
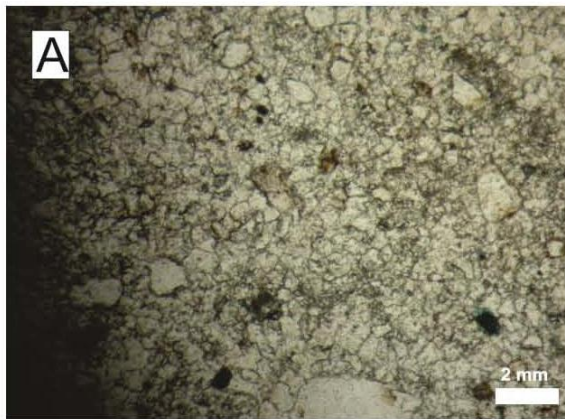
## Descrição

Arcabouço (70%): composto por quartzo (85%) feldspato (15%) e traço de micas e opacos. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais e planares. Os grãos são subarredondados e subangulosos. Feldspatos possuem feições de dissolução.

Matriz (>10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (20%): Precipitação carbonática.

## FOTOS



Lâmina QT- 37

Profundidade 60,2 m

Porosidade 10%

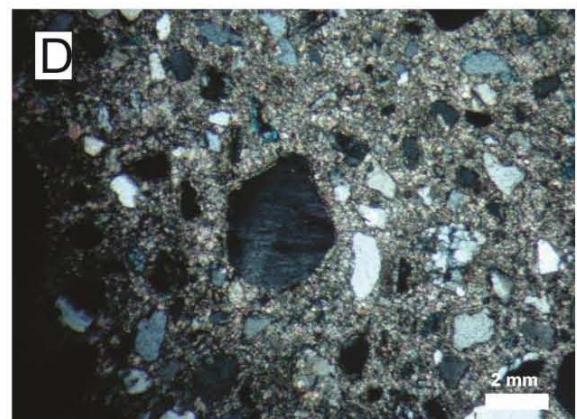
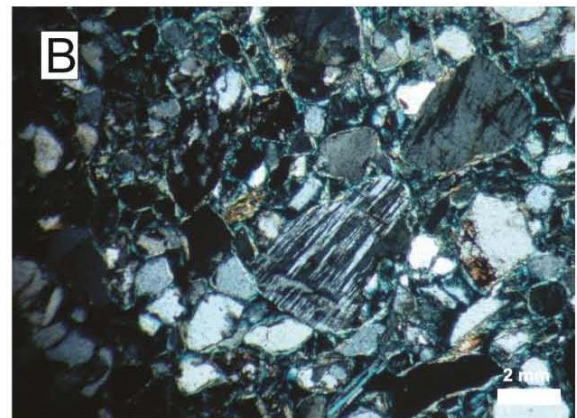
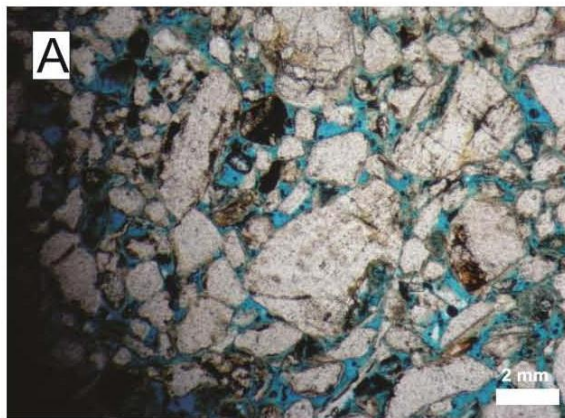
## Descrição

Arcabouço (80%): composto por quartzo (85%) feldspato (10%) opacos (5%) e traço de micas. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possuem contatos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos. Feldspatos possuem feições de dissolução

Matriz (10%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação (10%): Nódulos carbonáticos.

## FOTOS



Lâmina QT- 38

Profundidade 52,82m

Prorosidade 15%

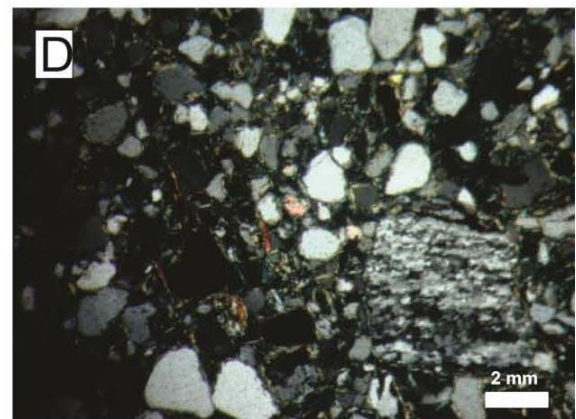
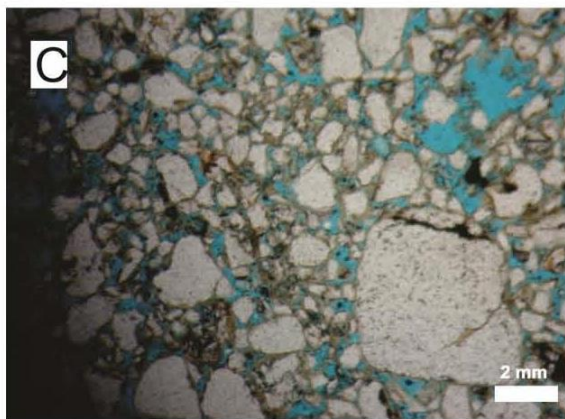
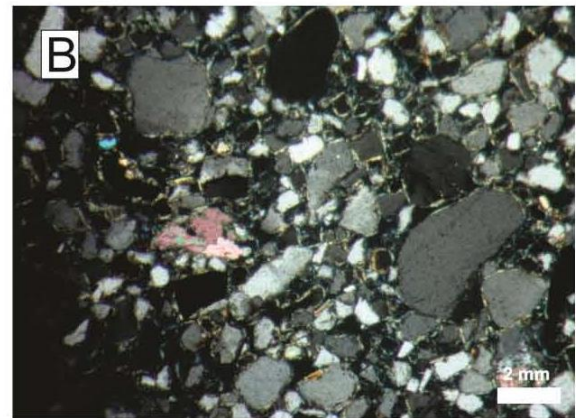
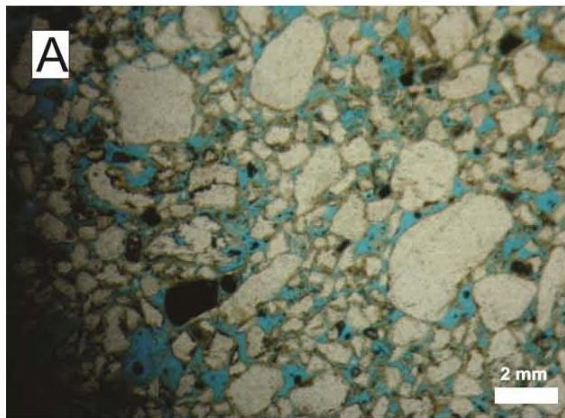
## Descrição

Arcabouço (70%): composto por quartzo (80%), feldspato (15%) e traço de micas e opacos. Os grãos possuem um empacotamento relativamente fechado, e possui contaos pontuais. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos.

Matriz (15%): cutícula de argilominerais em torno dos grãos

Cimentação: Não apresentou.

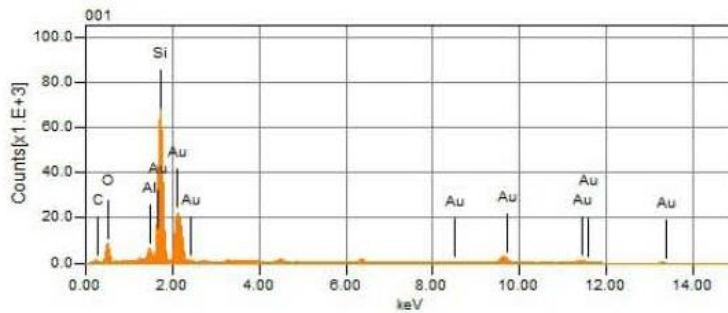
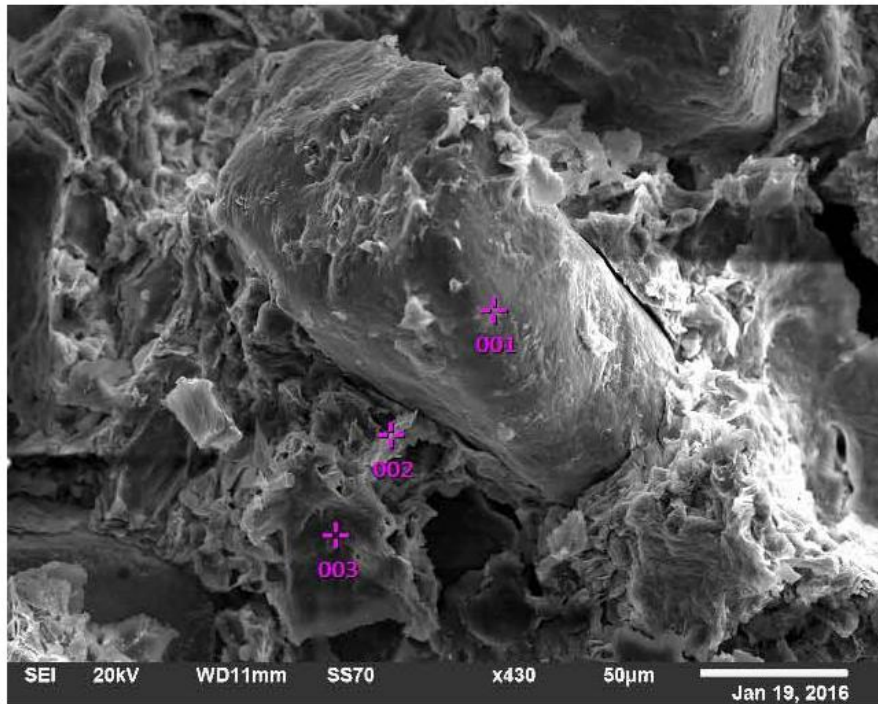
## FOTOS



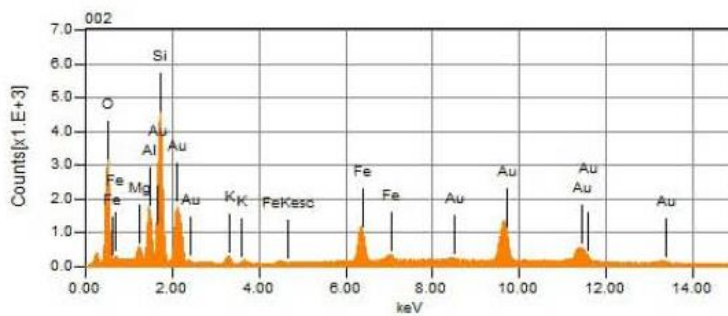
## **ANEXO B- MEV**



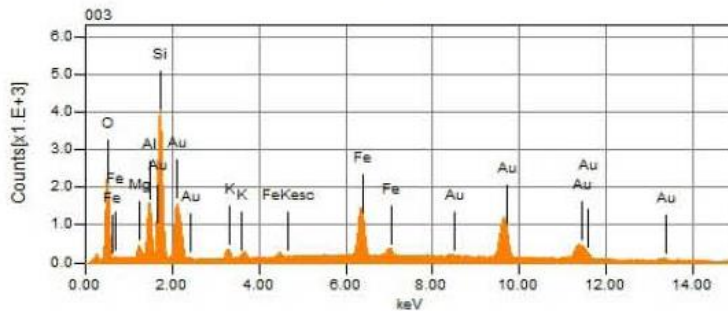
# Amostra 1\_1



Ponto 001

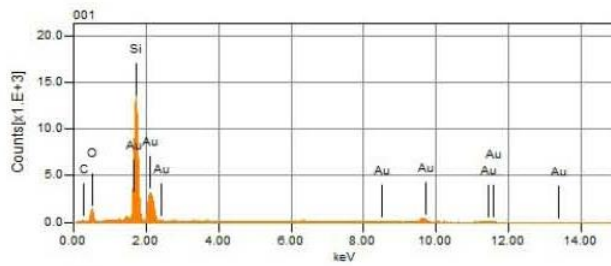
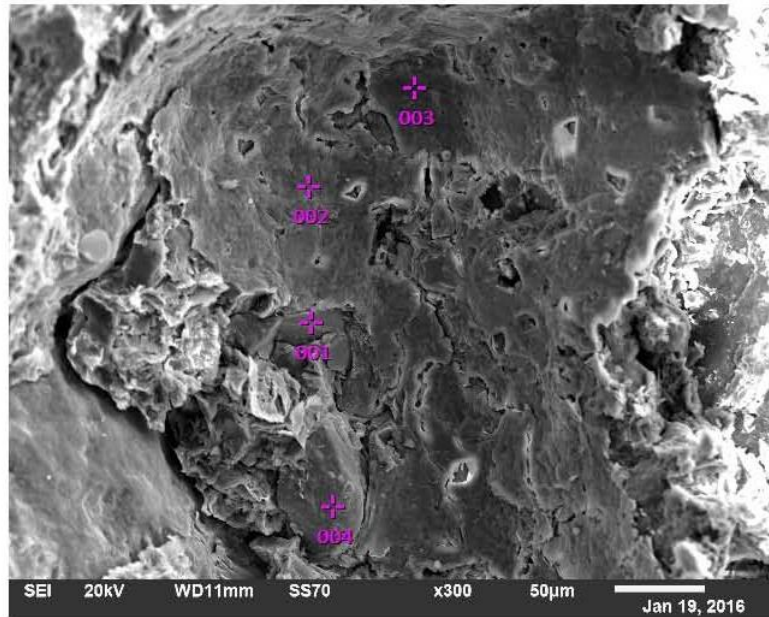


Ponto 002

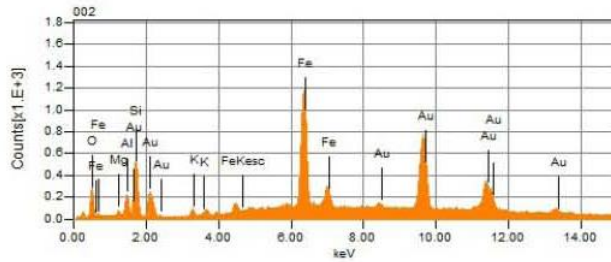


Ponto 003

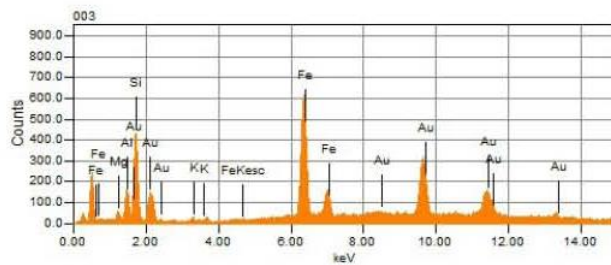
# Amostra 1\_2



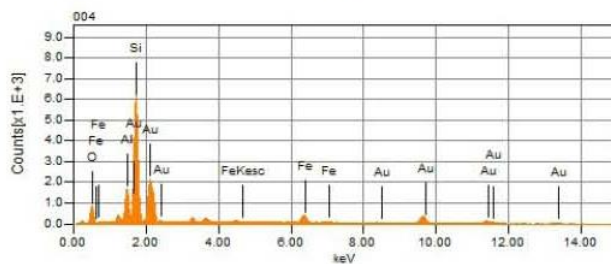
Ponto 001



Ponto 002

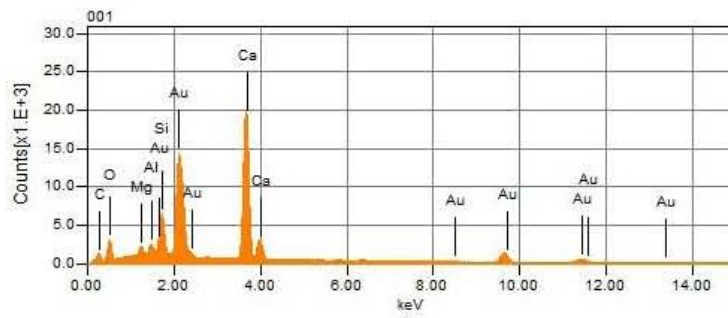
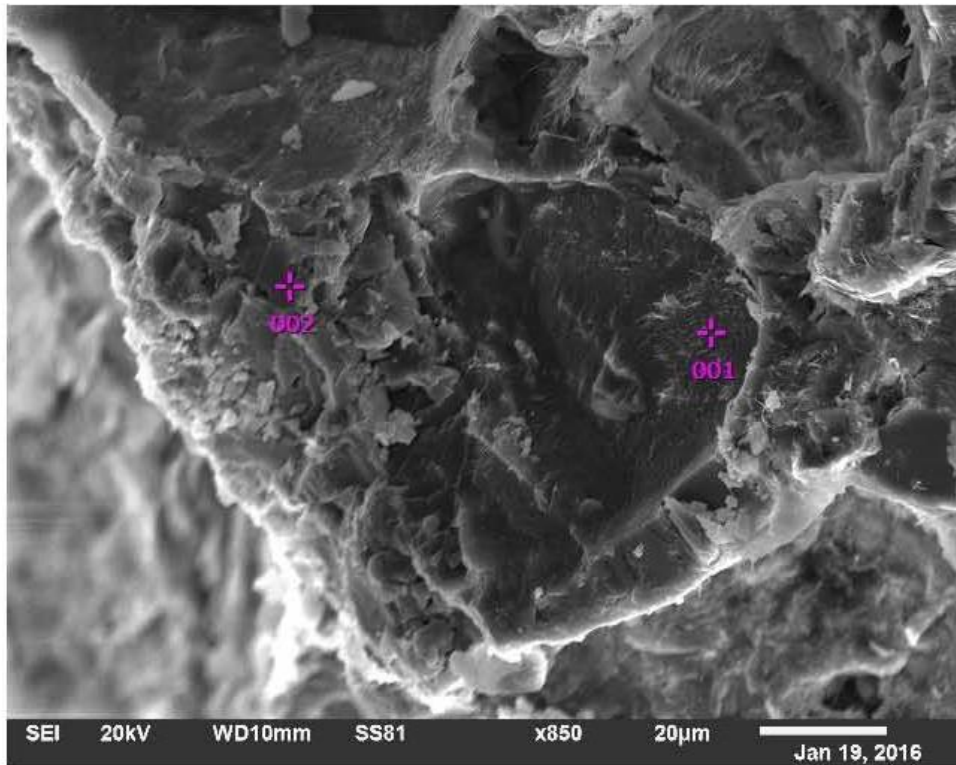


Ponto 003

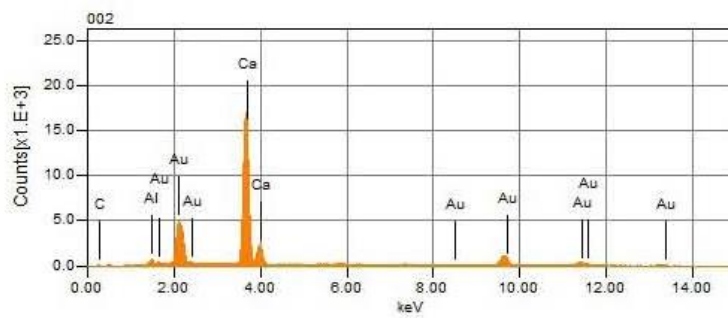


Ponto 004

## Amostra 2\_1

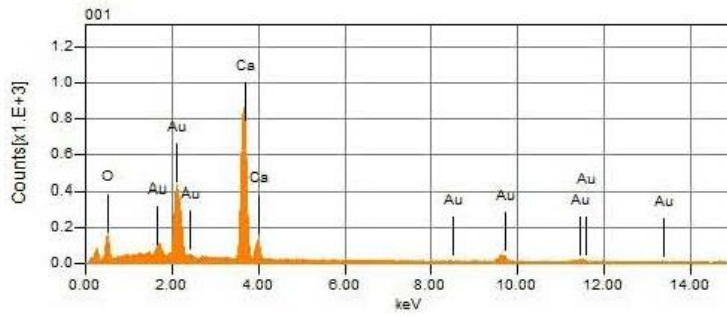
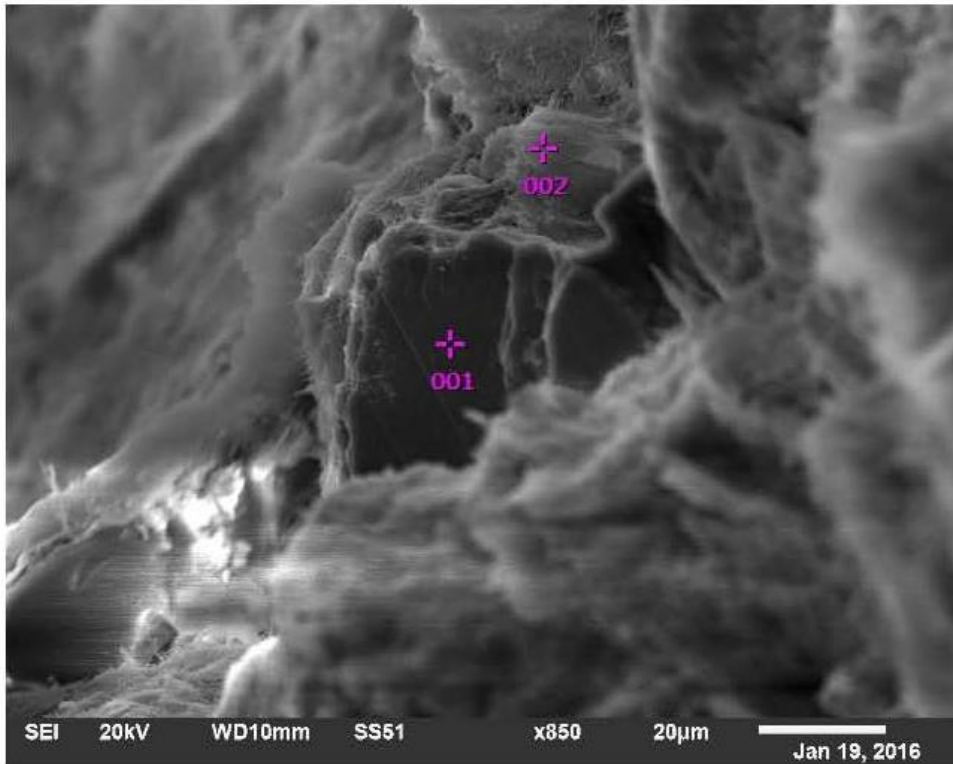


Ponto 001

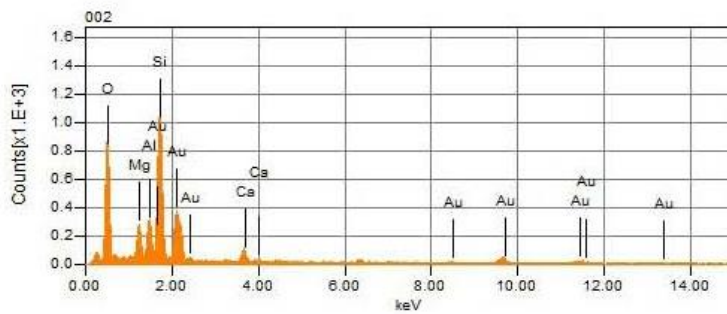


Ponto 002

# Amostra 2\_2

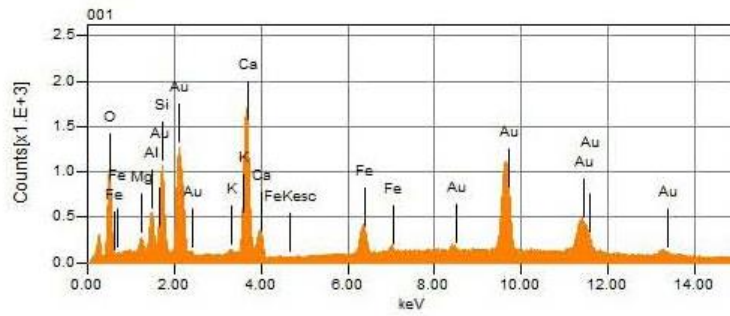
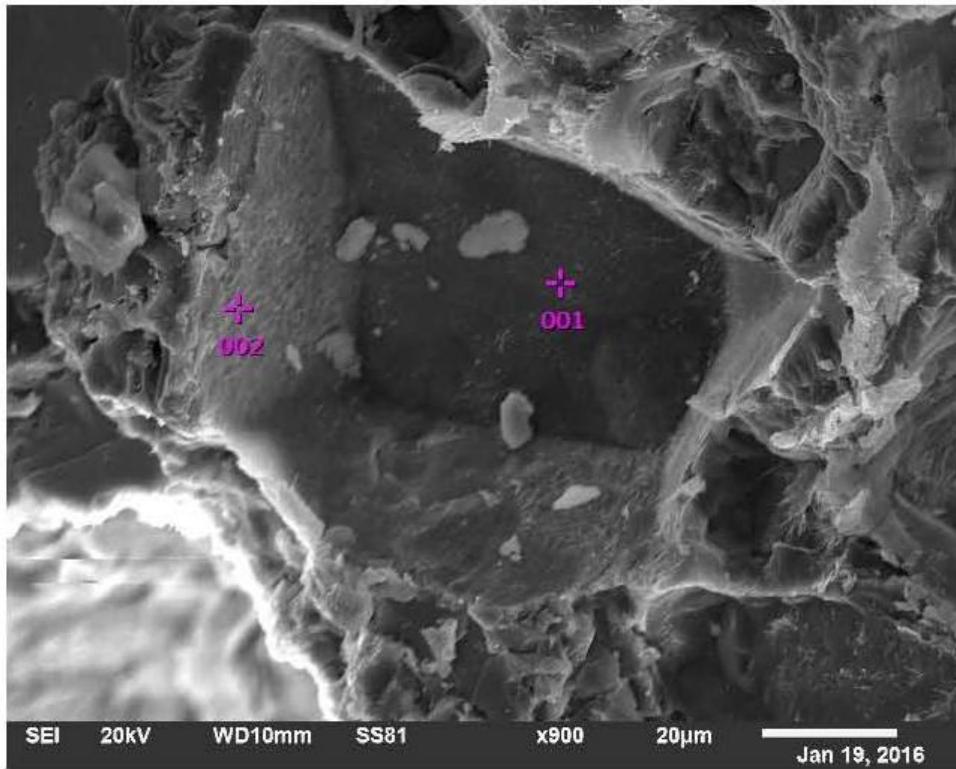


Ponto 001

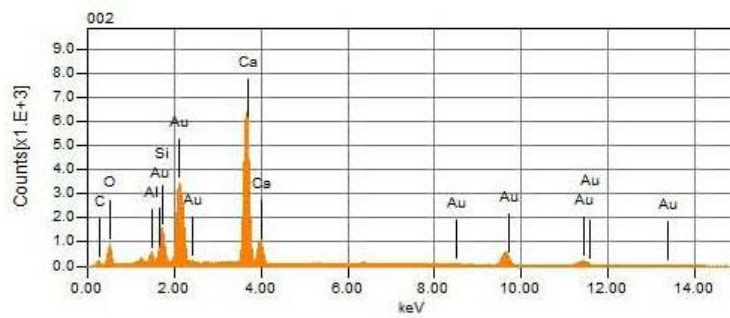


Ponto 002

### Amostra 2\_3

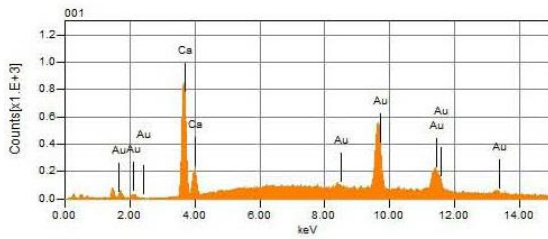
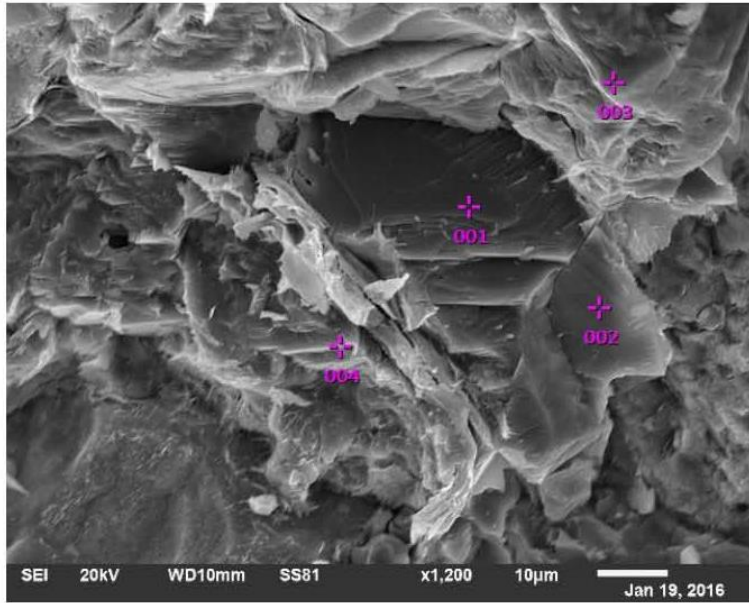


Ponto 001

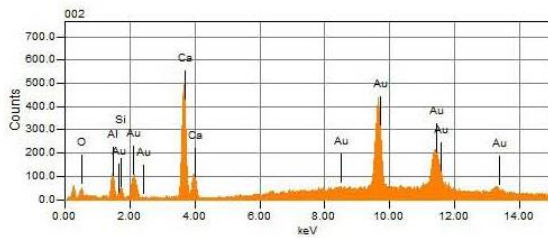


Ponto 002

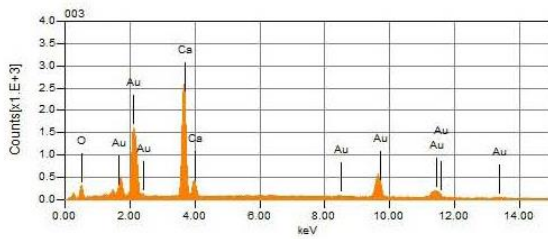
# Amostra 2\_4



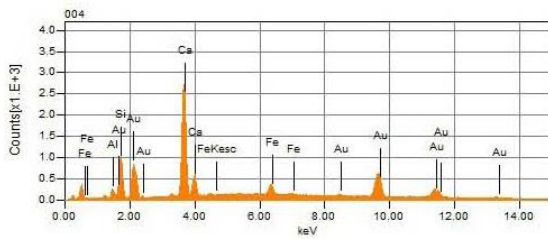
Ponto 001



Ponto 002

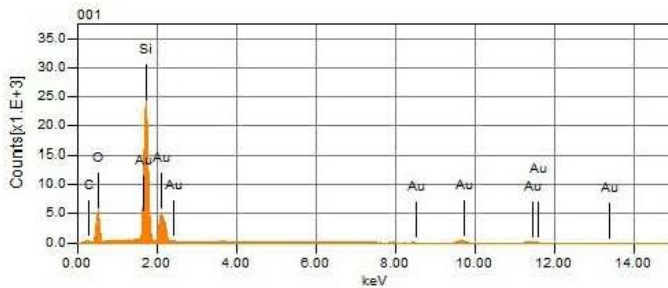
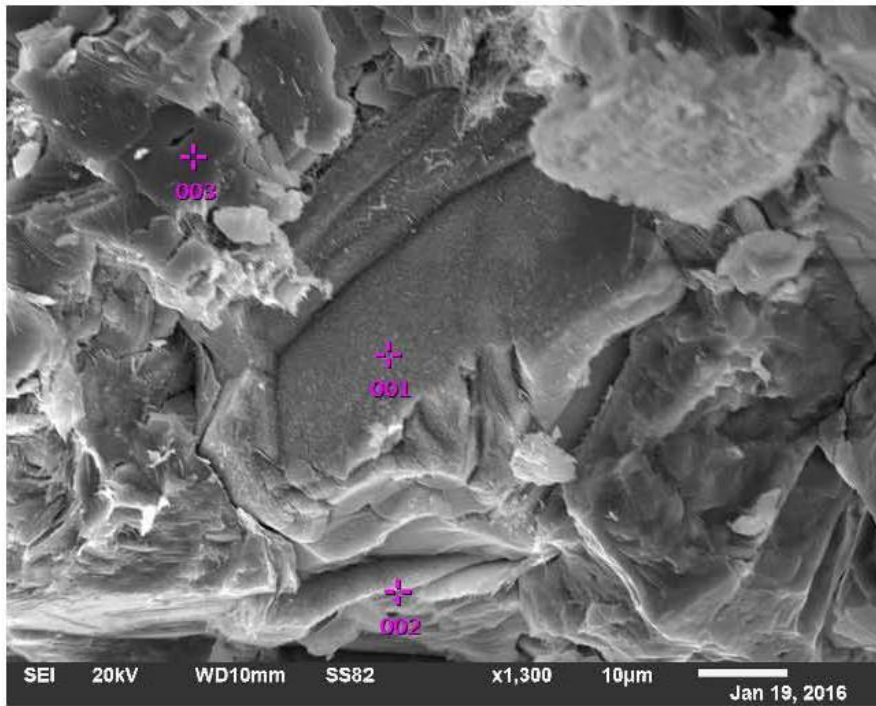


Ponto 003

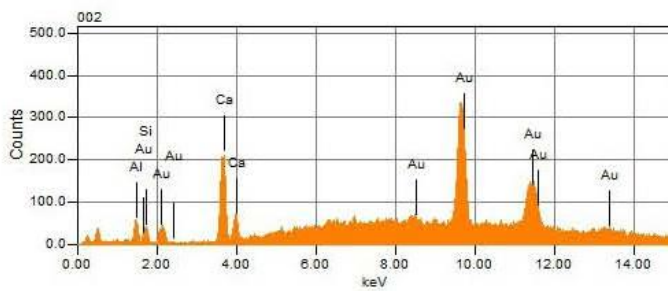


Ponto 004

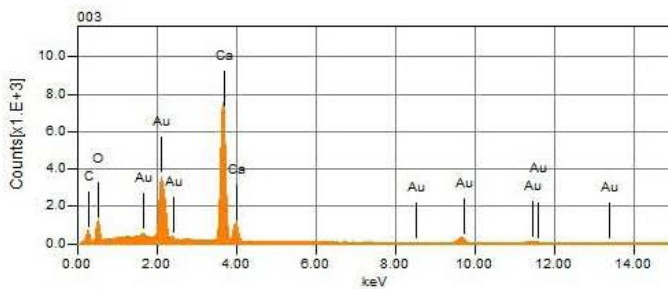
# Amostra 2\_5



Ponto 001

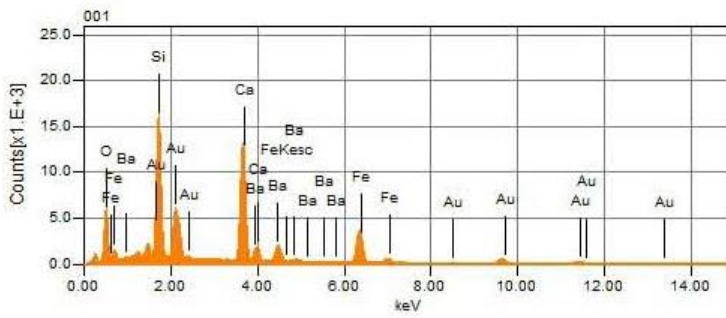
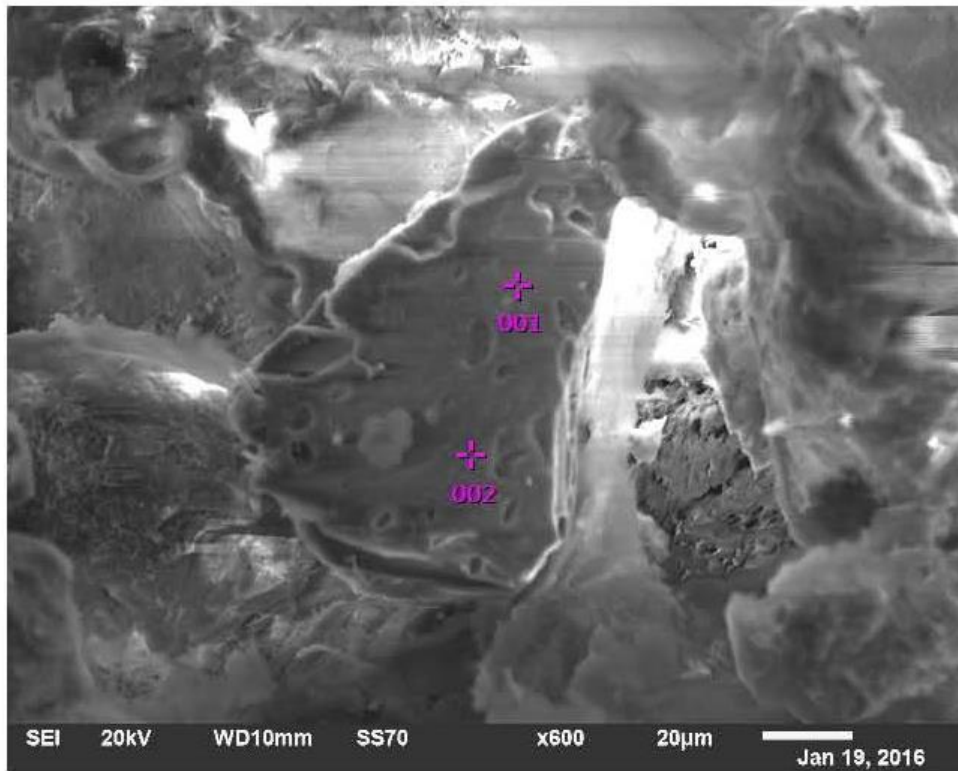


Ponto 002

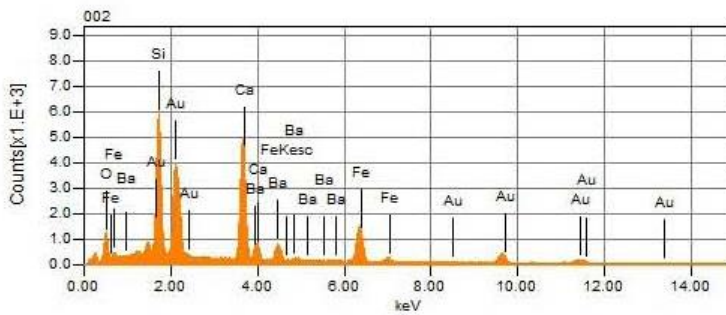


Ponto 003

### Amostra 3\_1



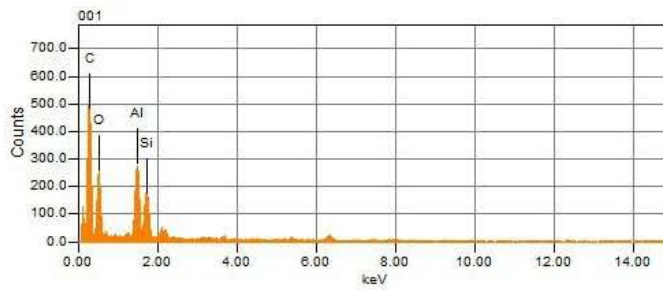
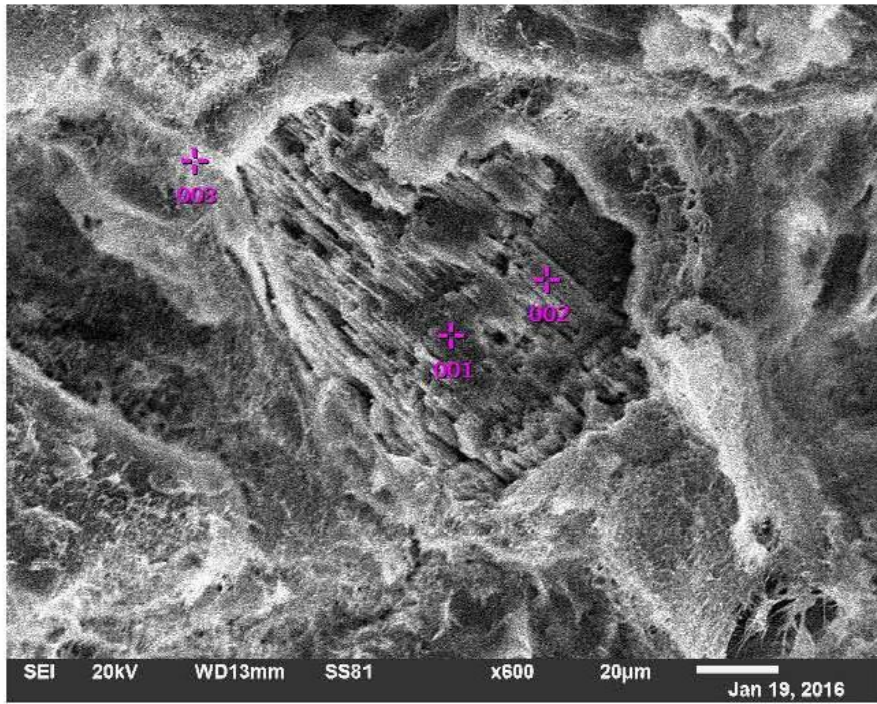
Ponto 001



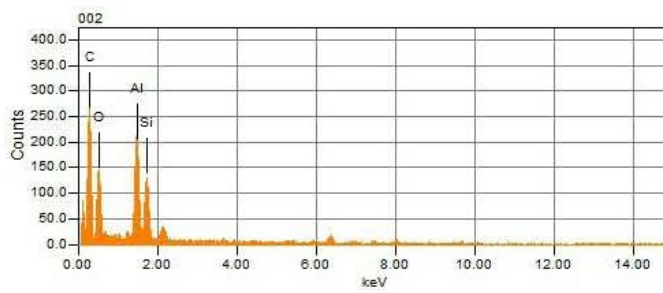
Ponto 002



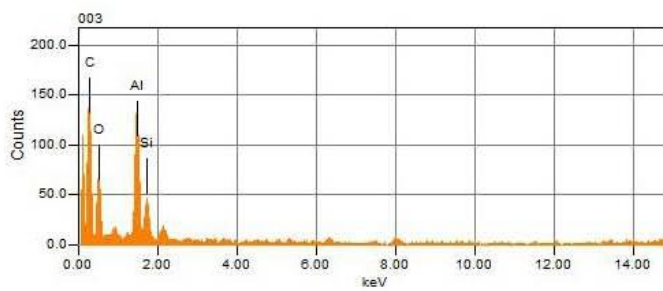
## Amostra 3\_2



Ponto 001

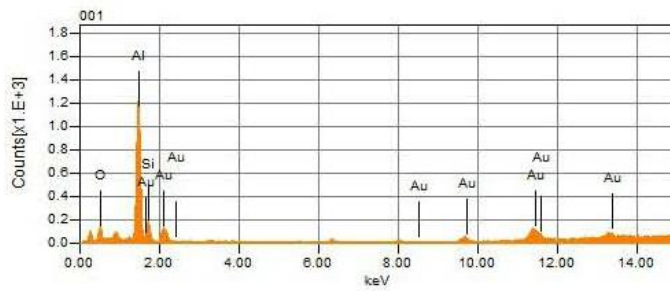
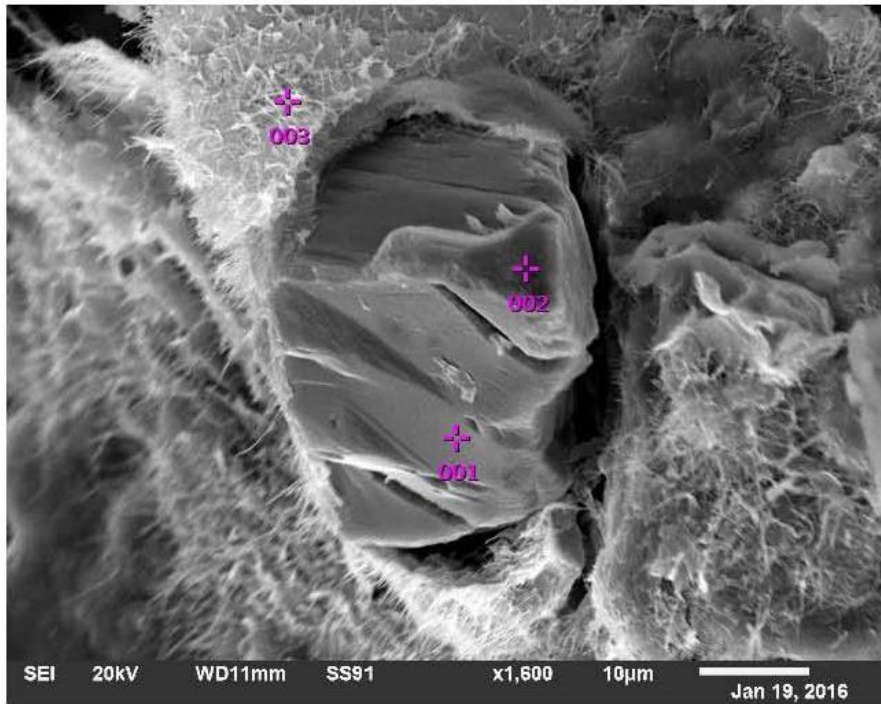


Ponto 002

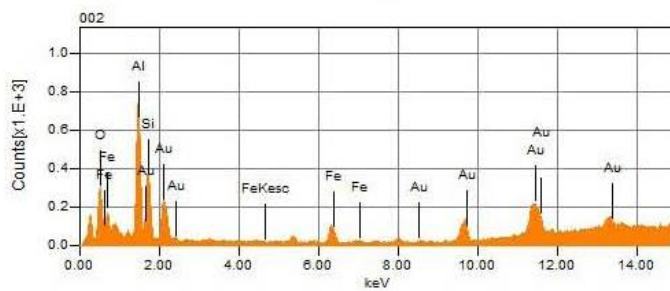


Ponto 003

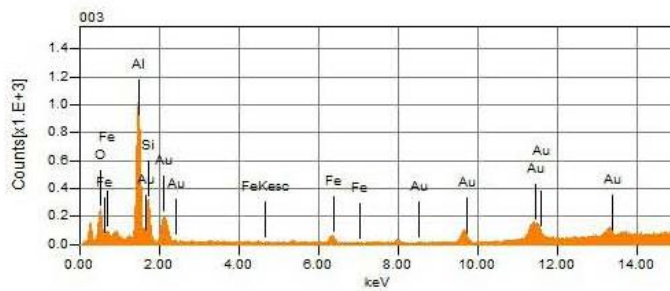
### Amostra 3\_3



Ponto 001

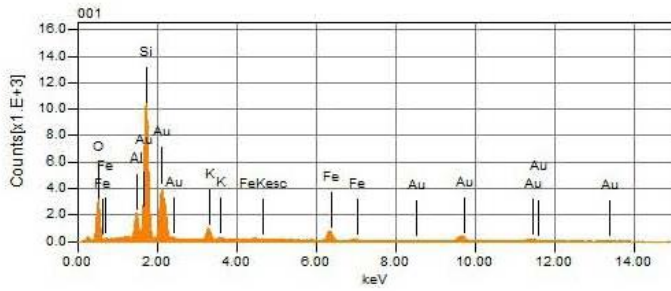
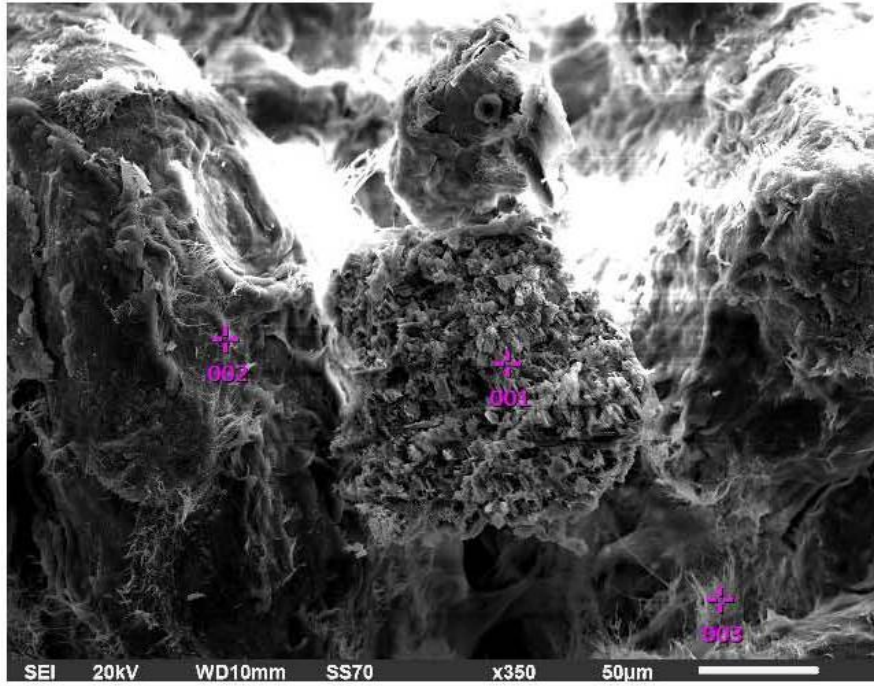


Ponto 002

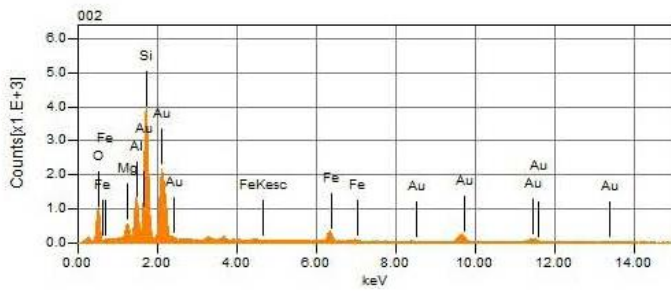


Ponto 003

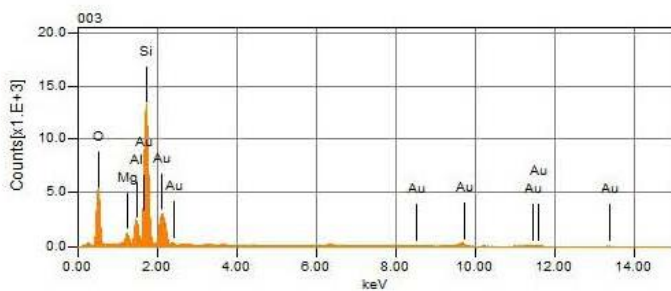
# Amostra 4\_1



Ponto 001

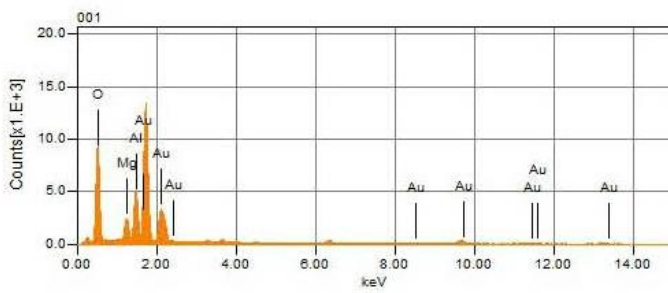
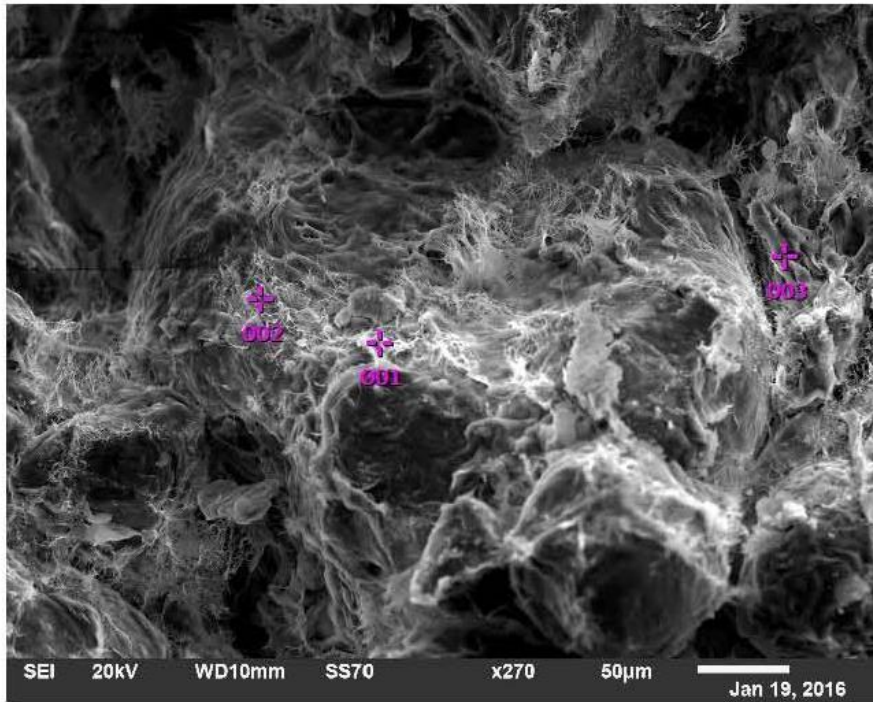


Ponto 002

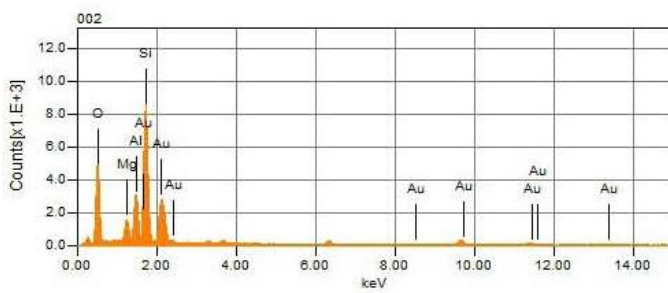


Ponto 003

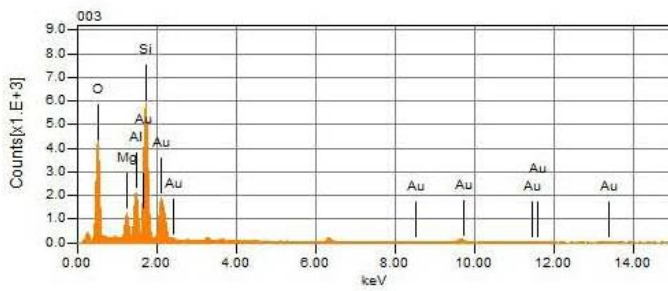
### Amostra 4\_2



Ponto 001

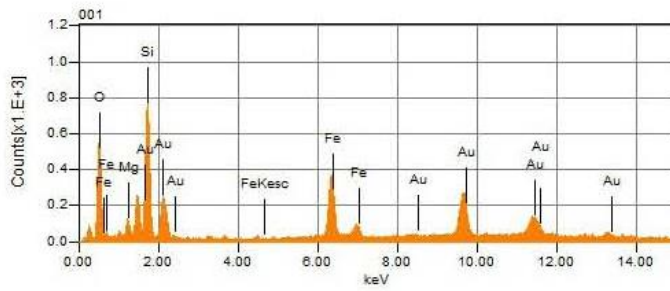
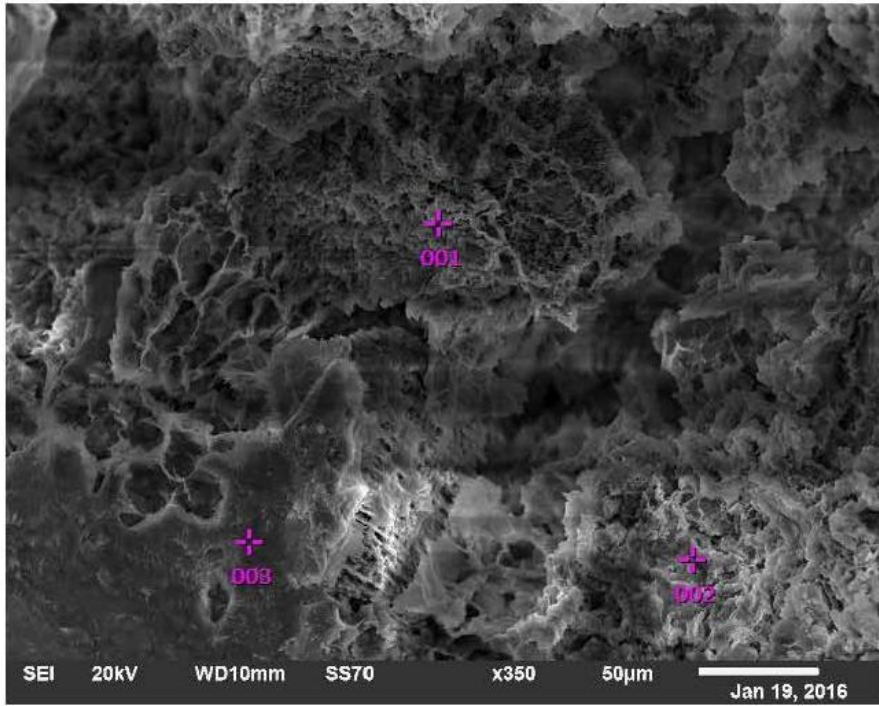


Ponto 002

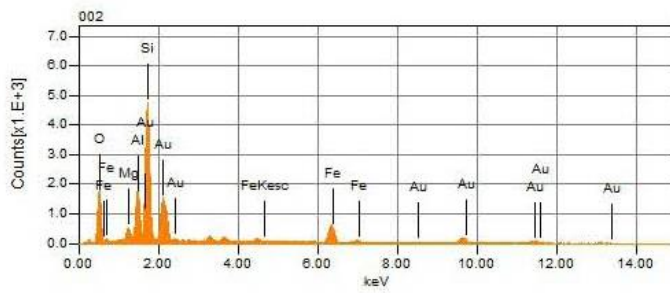


Ponto 003

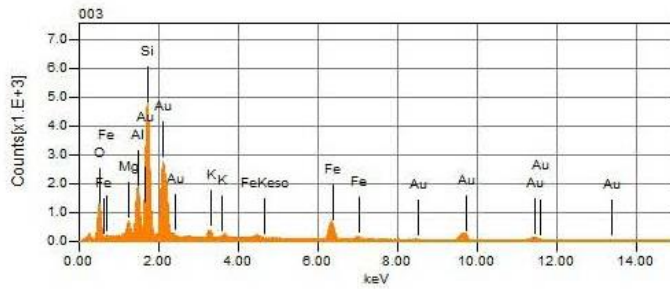
### Amostra 4\_3



Ponto 001

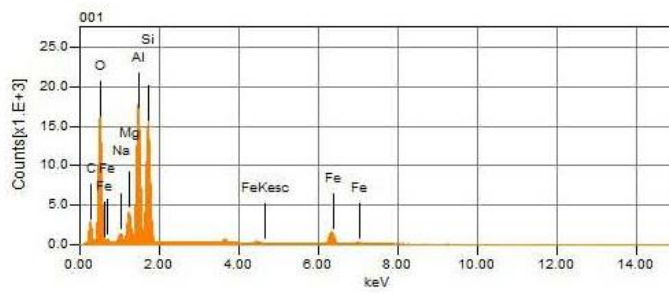
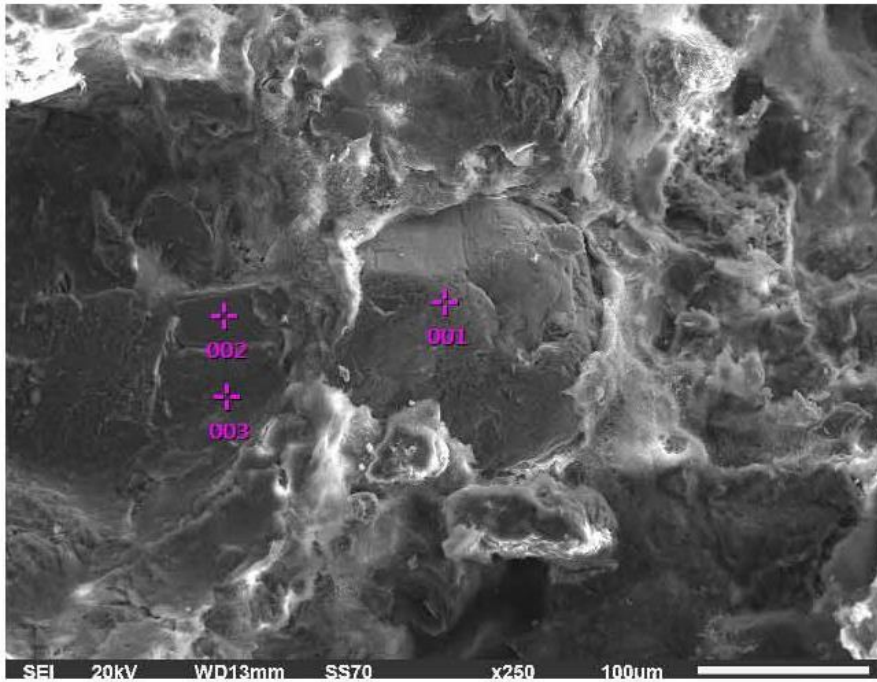


Ponto 002

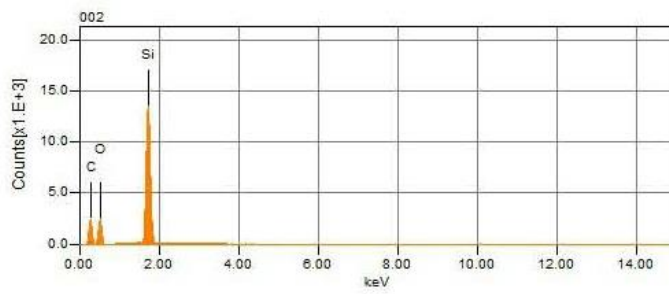


Ponto 003

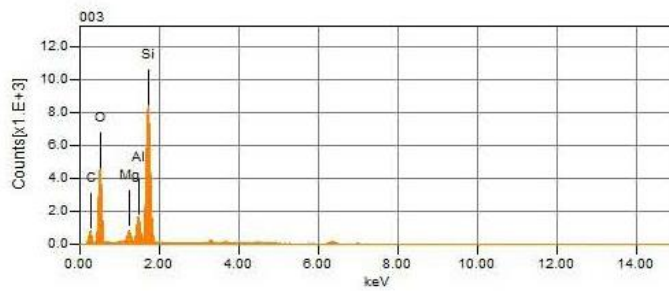
# Amostra 5\_1



Ponto 001

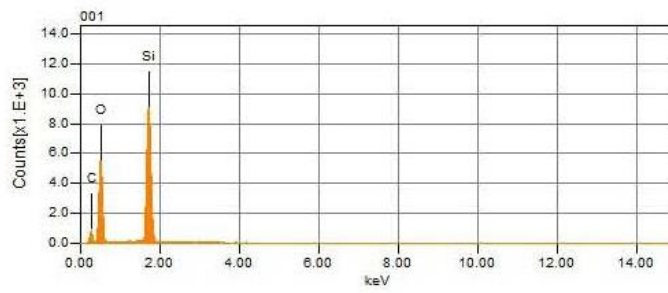
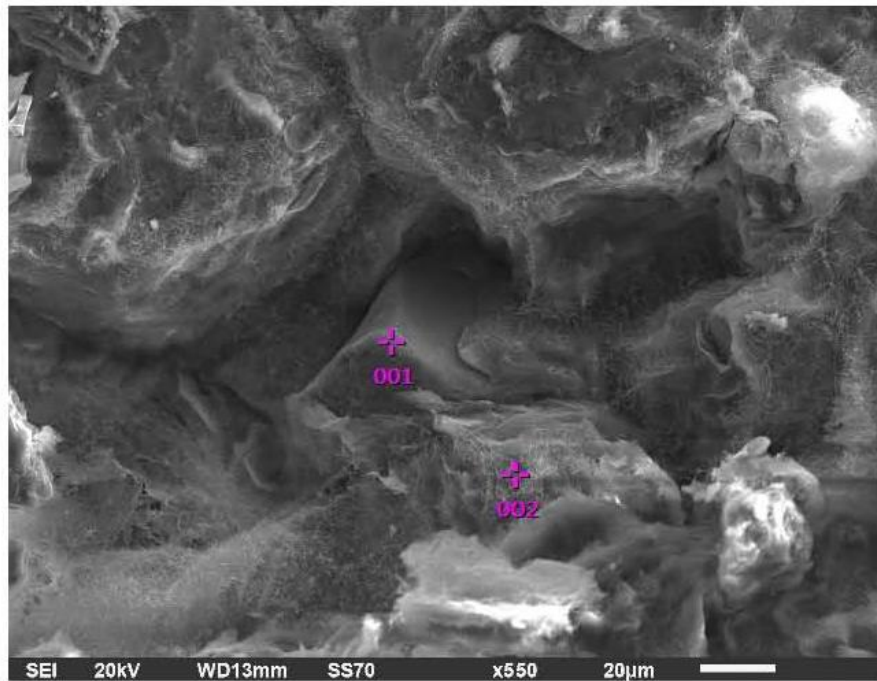


Ponto 002

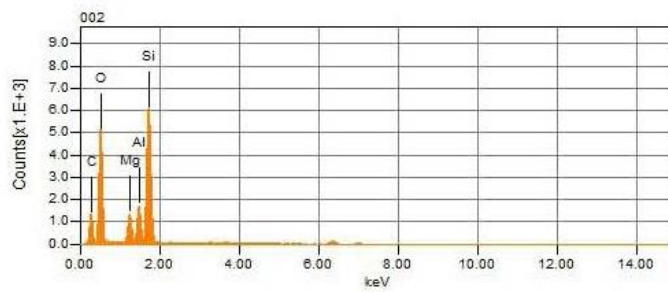


Ponto 003

## Amostra 5\_2

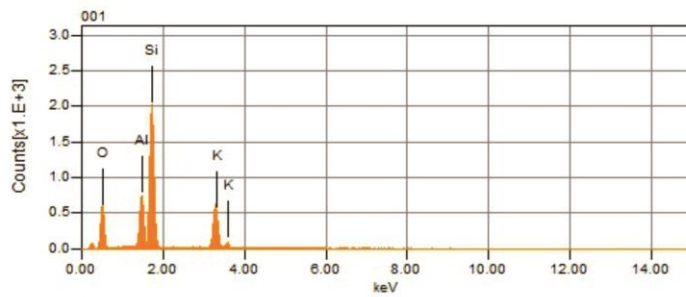
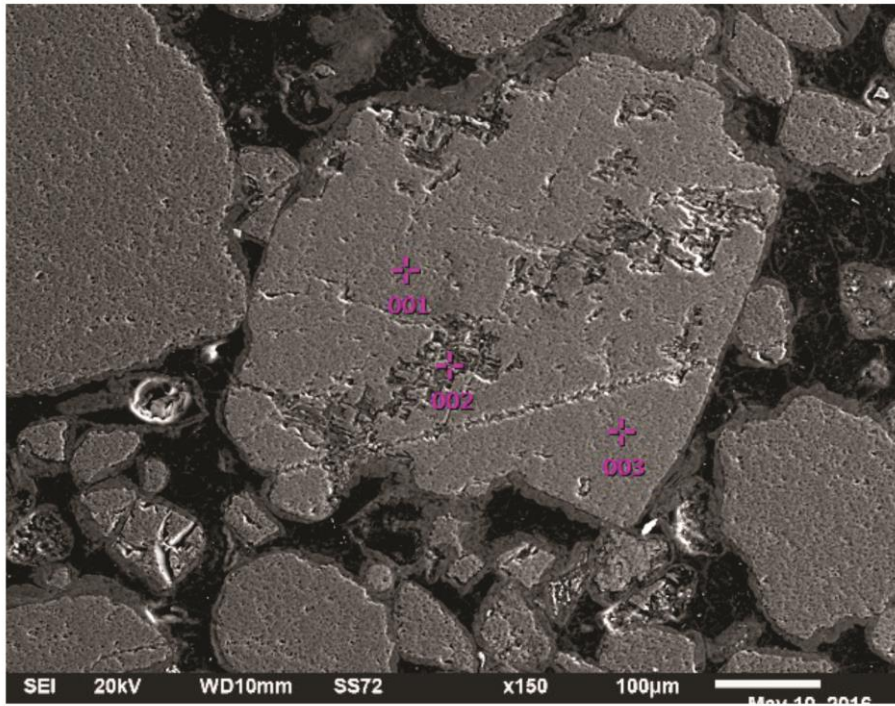


Ponto 001

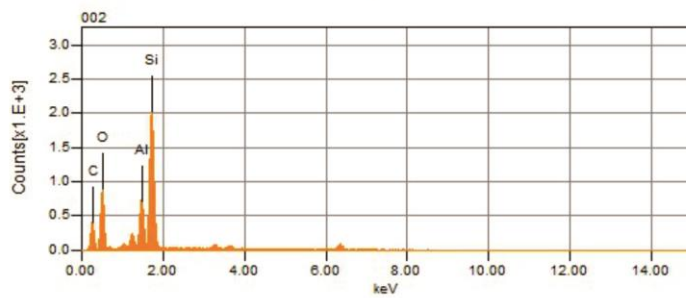


Ponto 002

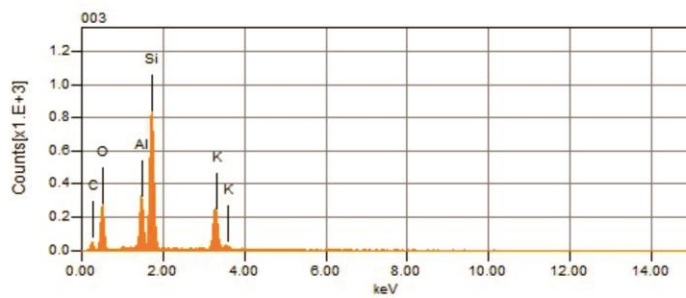
# Amostra 5\_3



Ponto 001



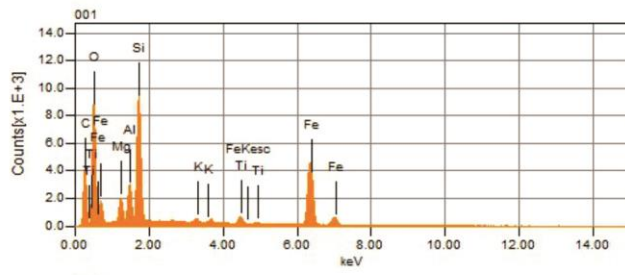
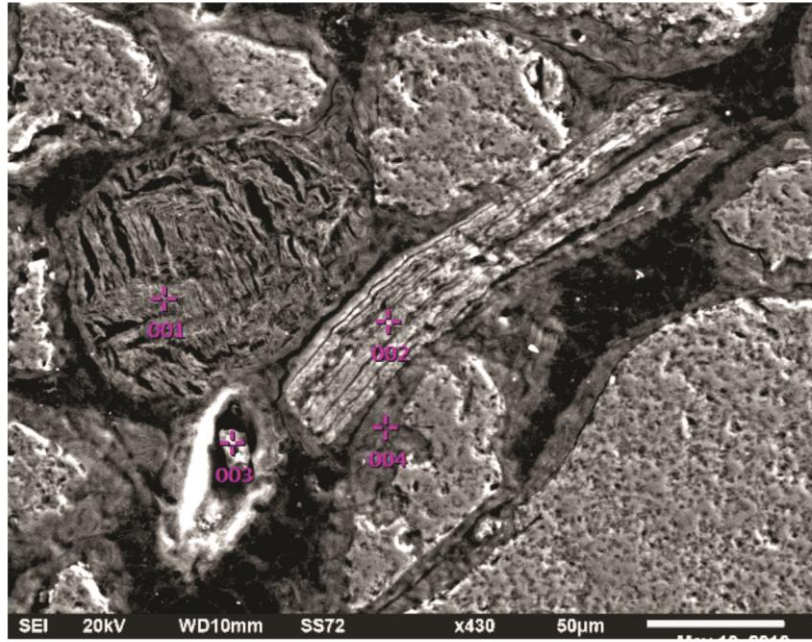
Ponto 002



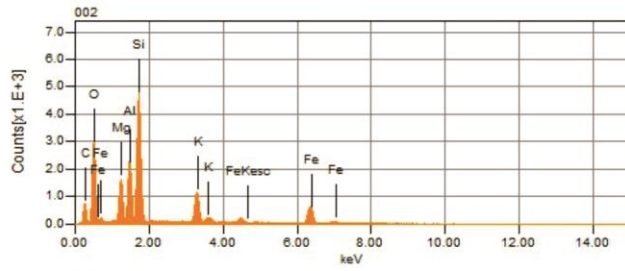
Ponto 003



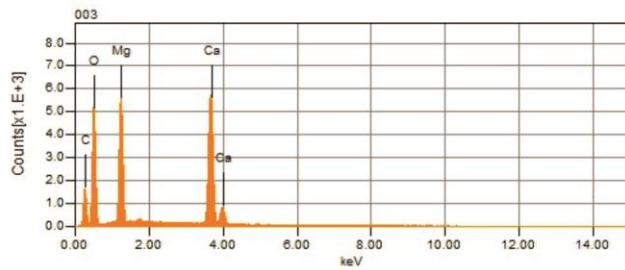
# Amostra 5\_4



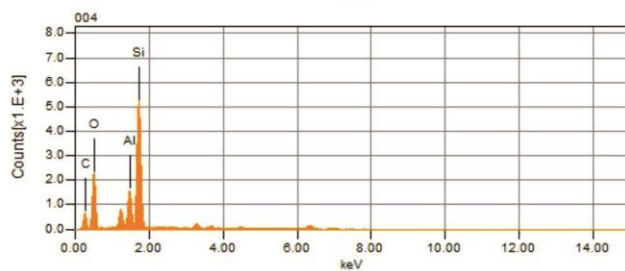
Ponto 001



Ponto 002

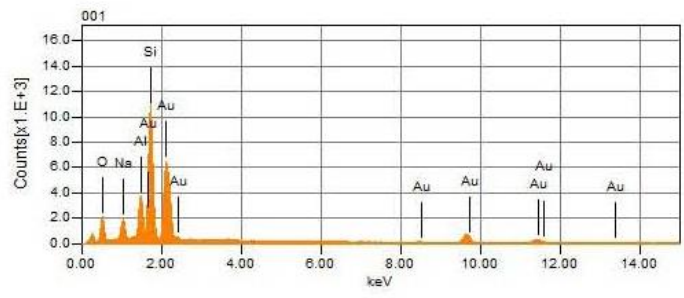
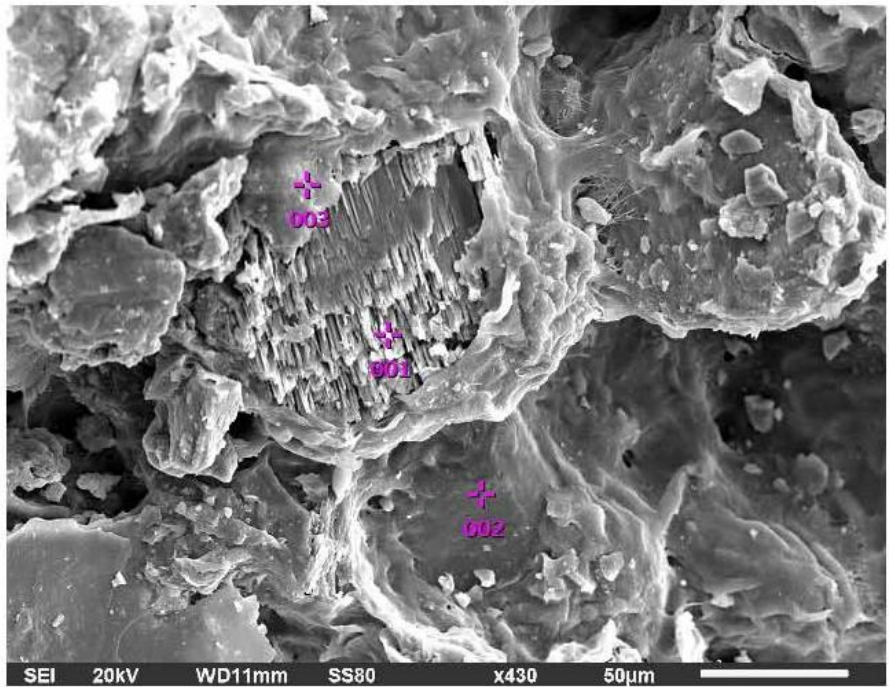


Ponto 003

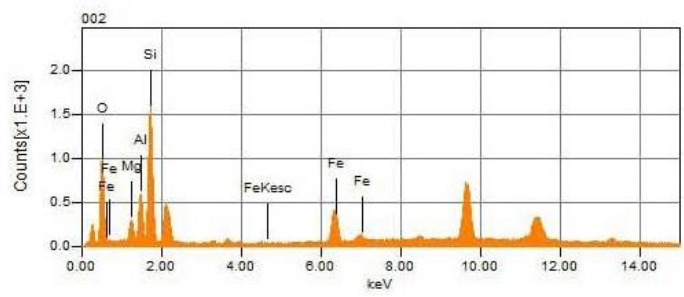


Ponto 004

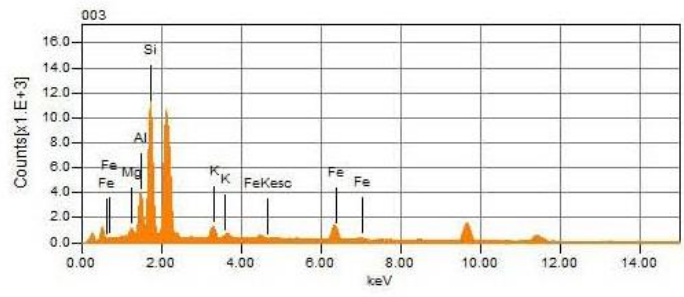
# Amostra 6\_1



Ponto 001

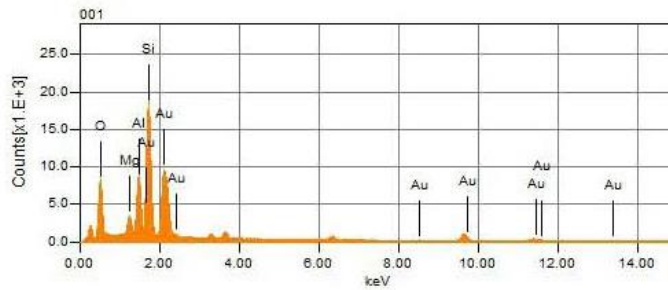
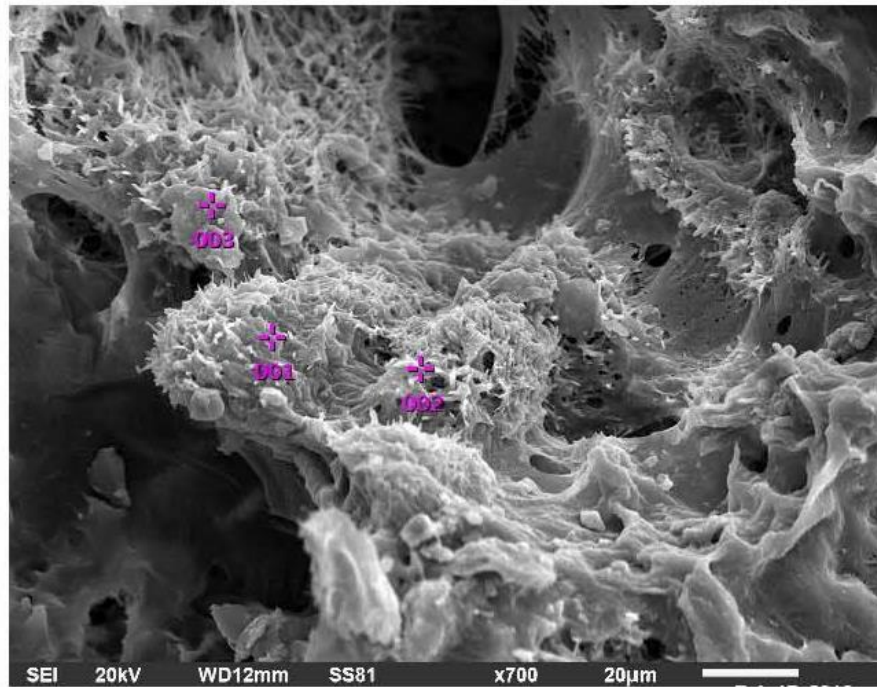


Ponto 002

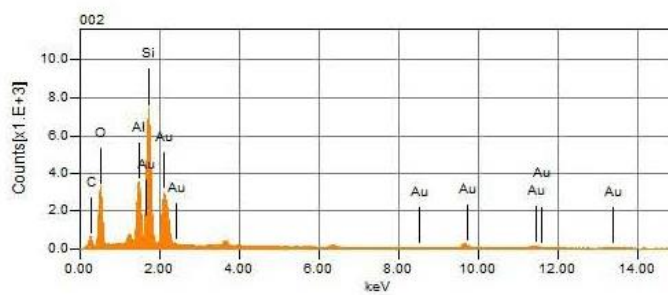


Ponto 003

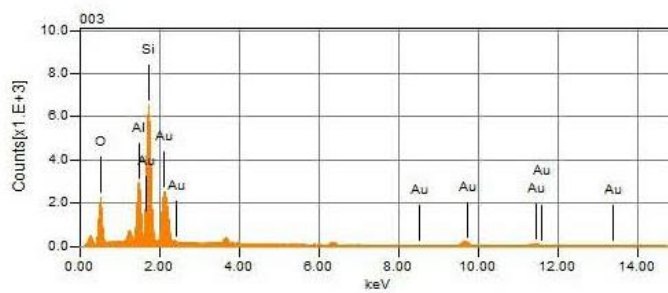
### Amostra 6\_2



Ponto 001

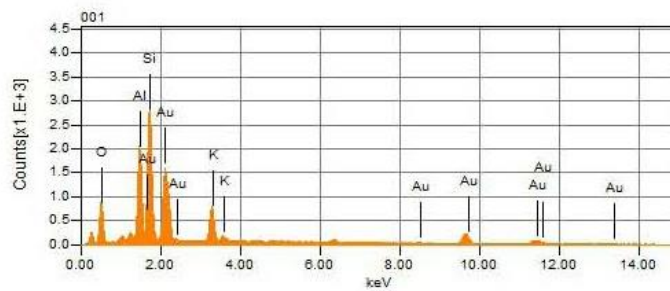
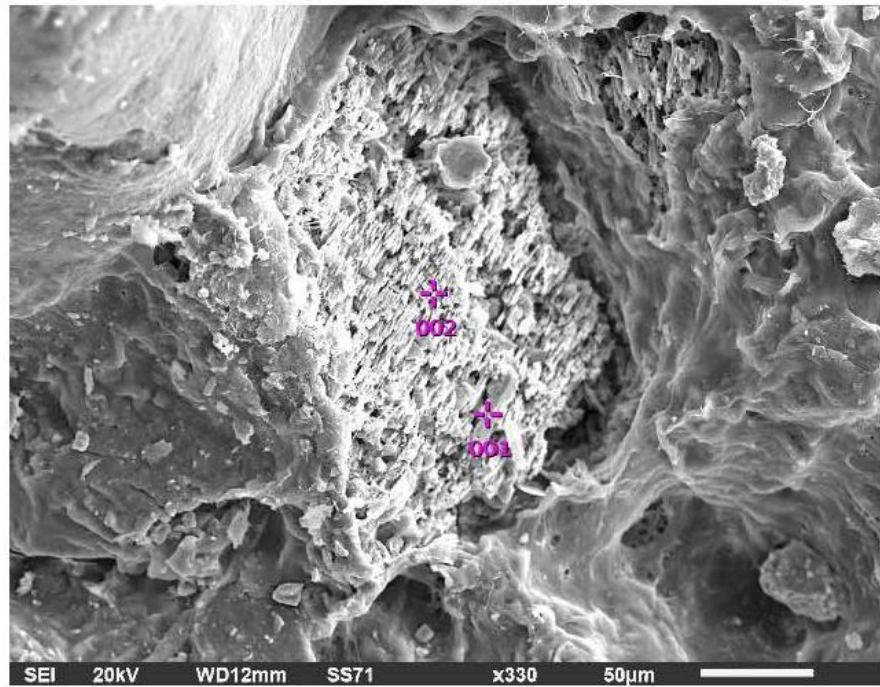


Ponto 002

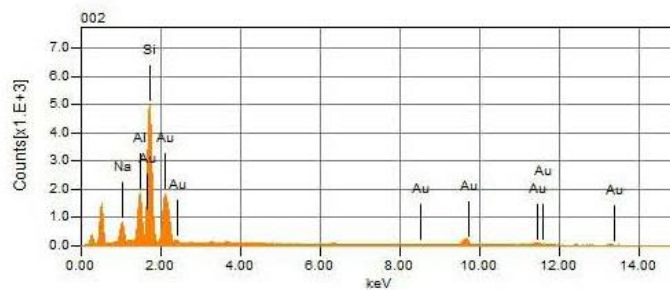


Ponto 003

## Amostra 6\_3

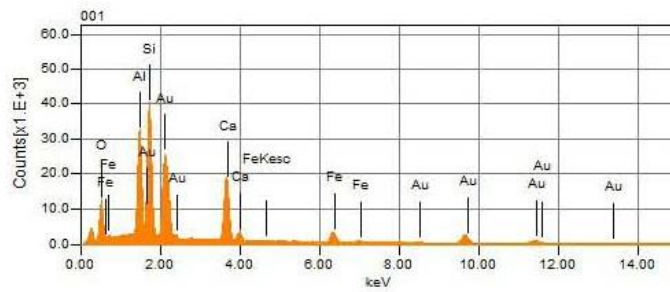
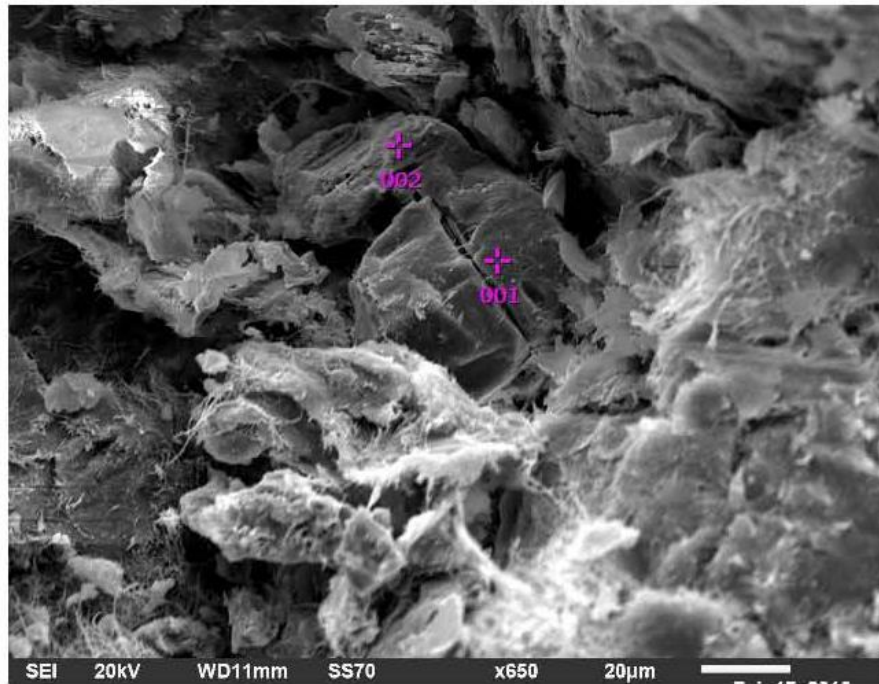


Ponto 001

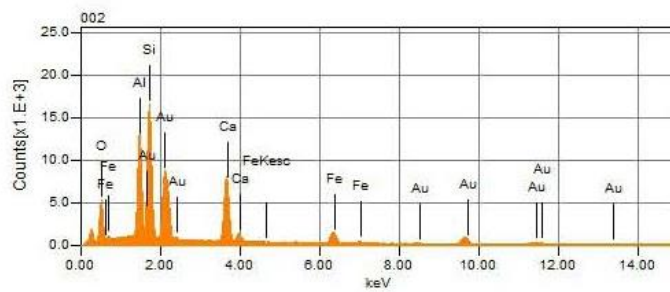


Ponto 002

## Amostra 7\_1

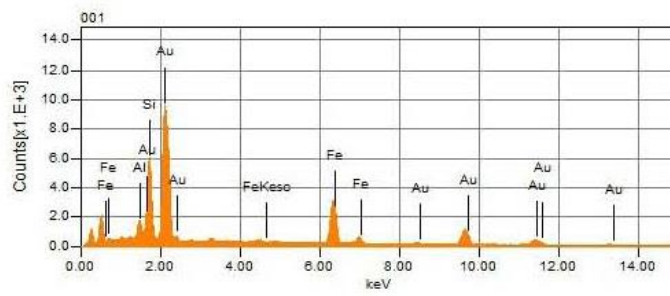
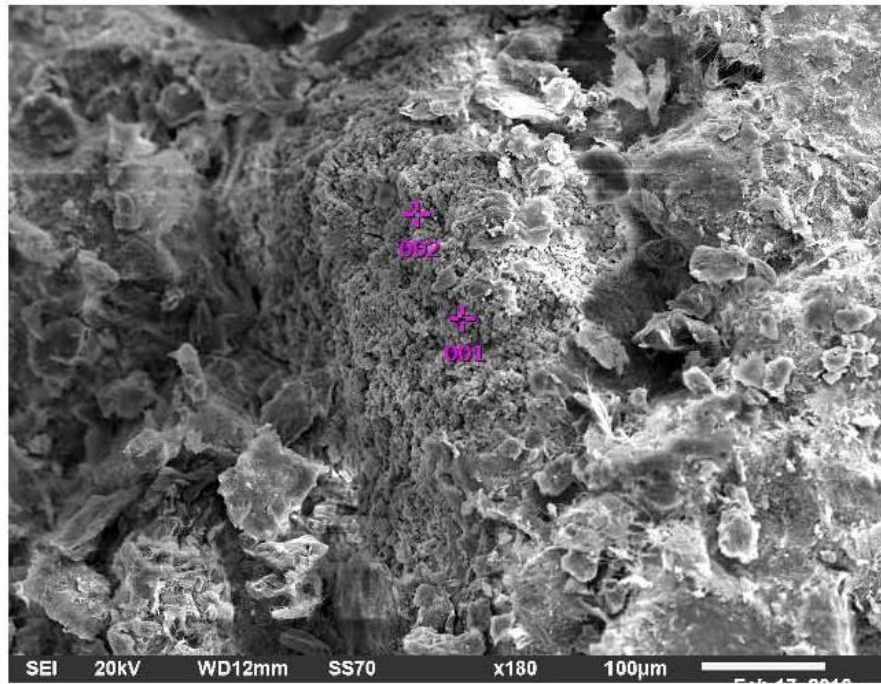


Ponto 001

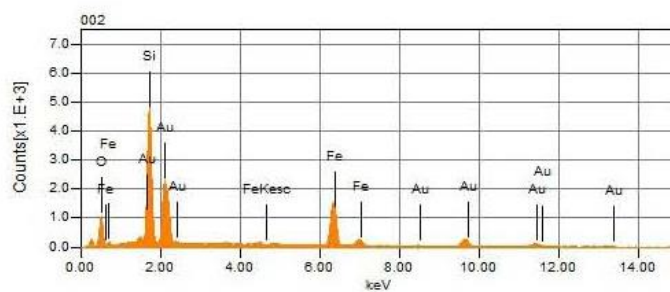


Ponto 002

## Amostra 7\_2

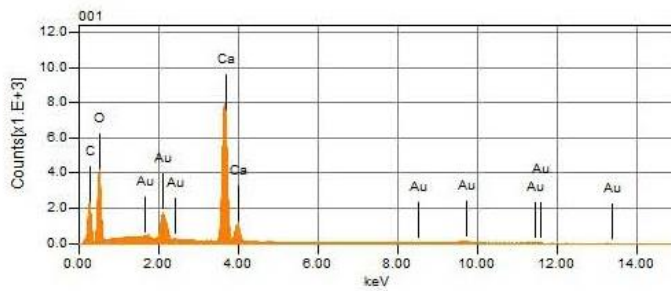
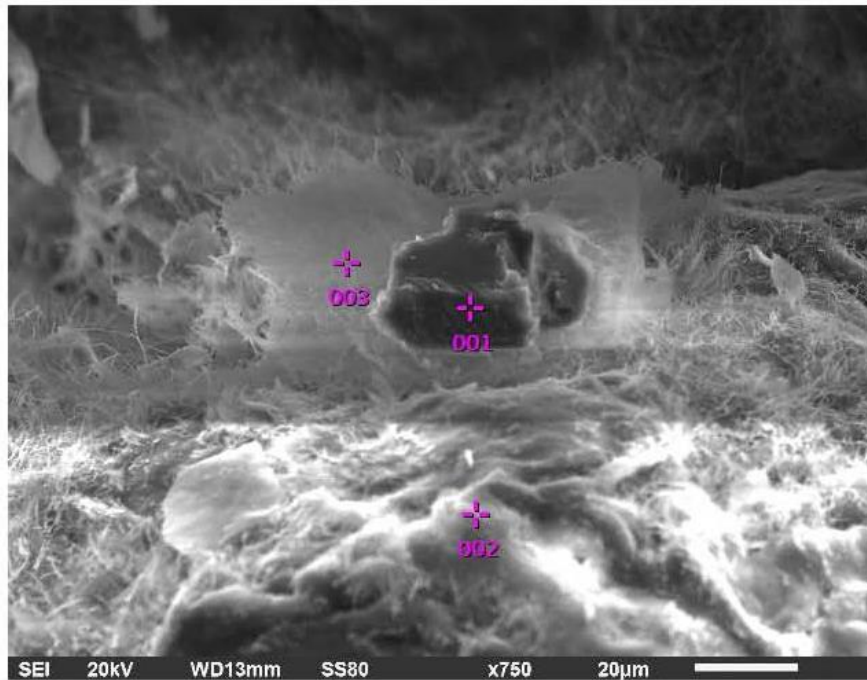


Ponto 001

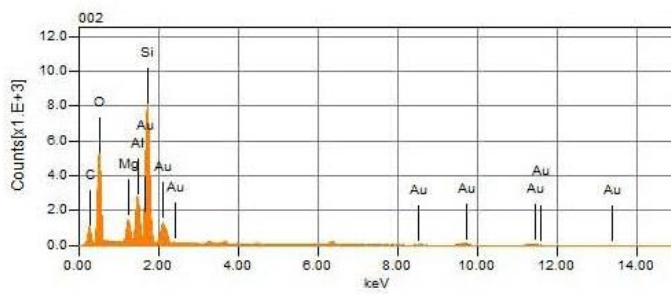


Ponto 002

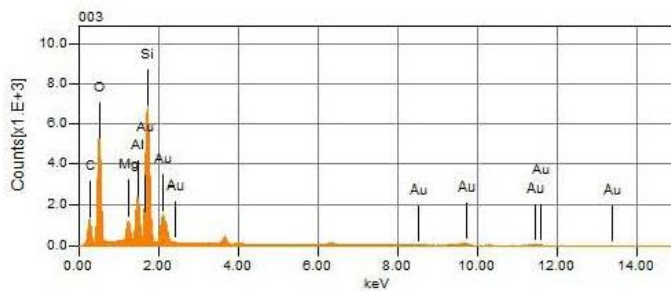
# Amostra 8\_1



Ponto 001

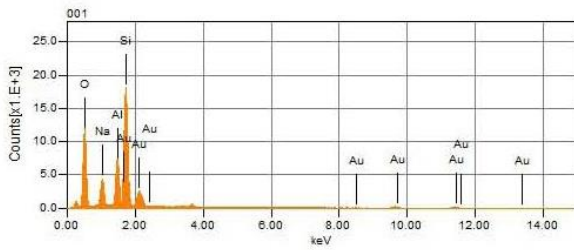
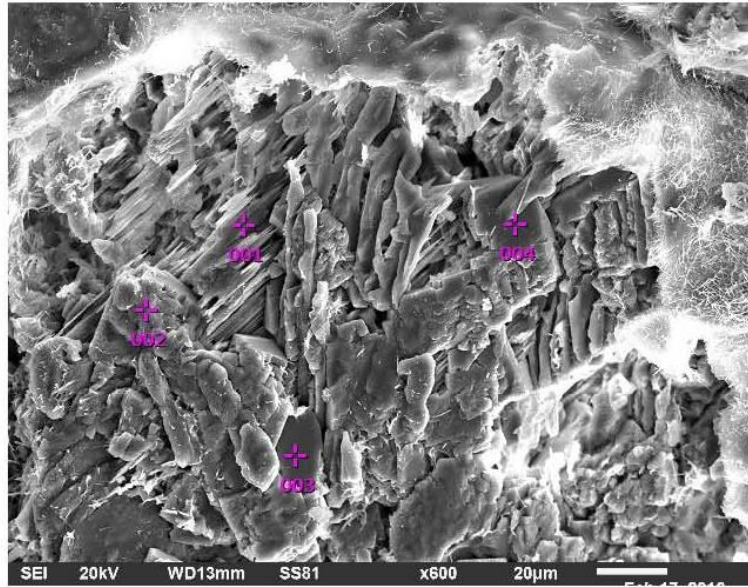


Ponto 002

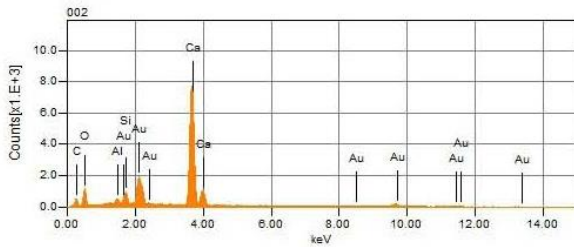


Ponto 003

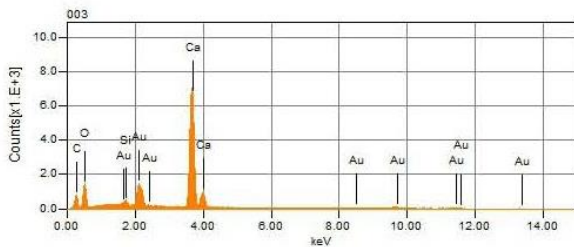
# Amostra 8\_2



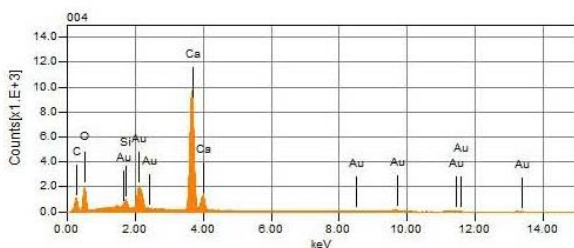
Ponto 001



Ponto 002



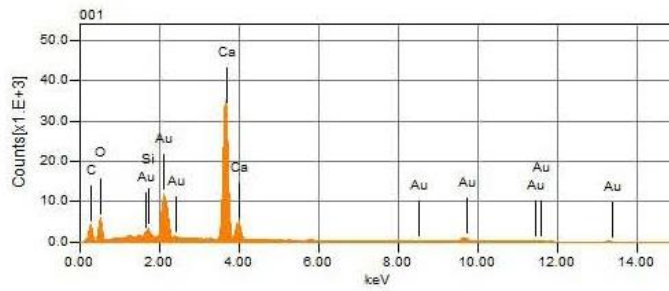
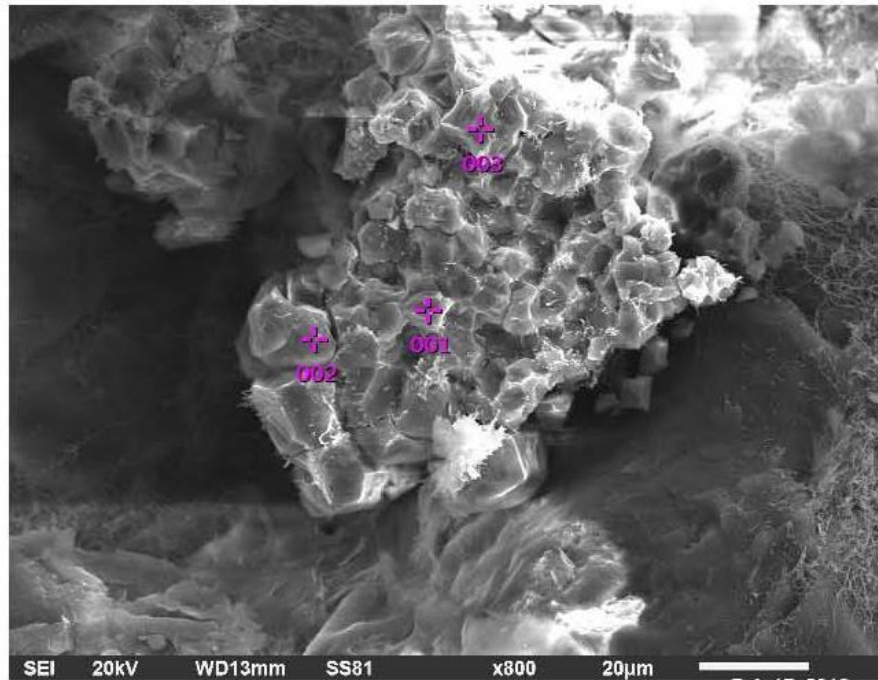
Ponto 003



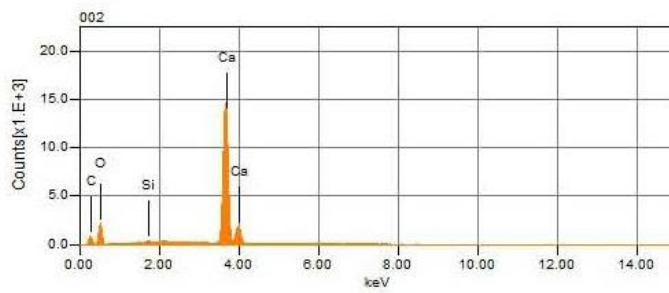
Ponto 004



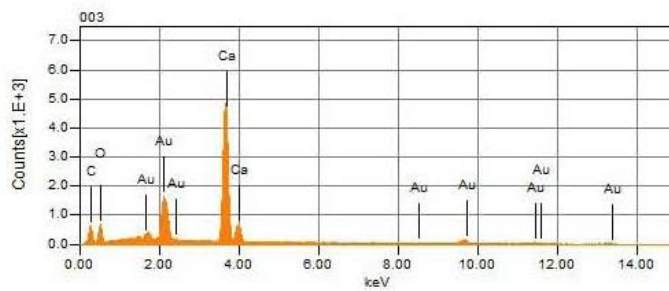
### Amostra 8\_3



Ponto 001

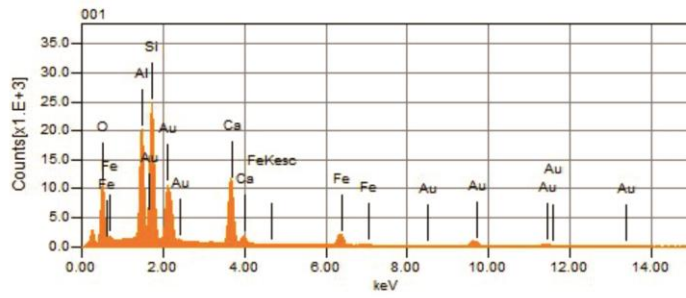
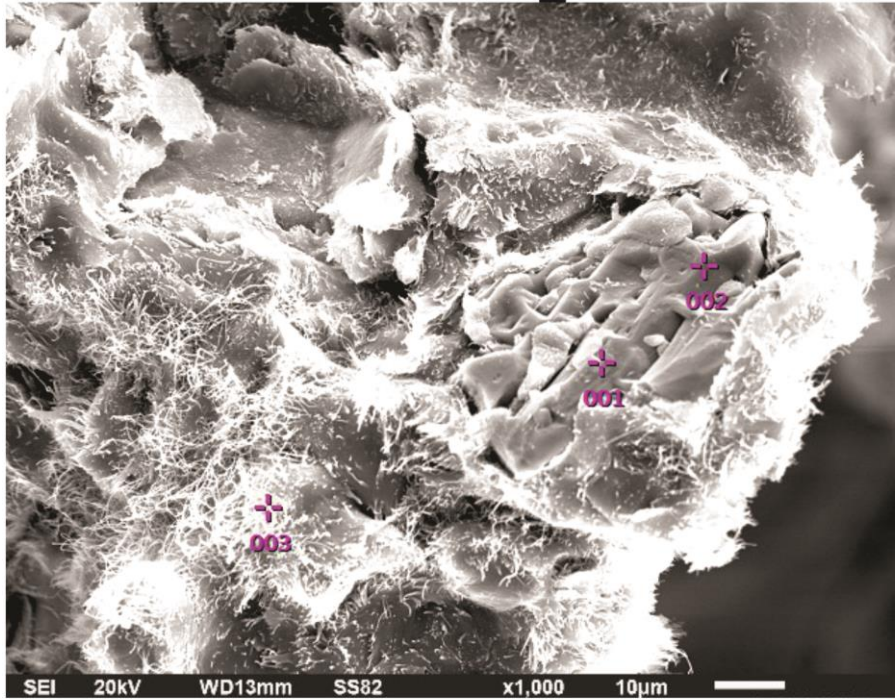


Ponto 002

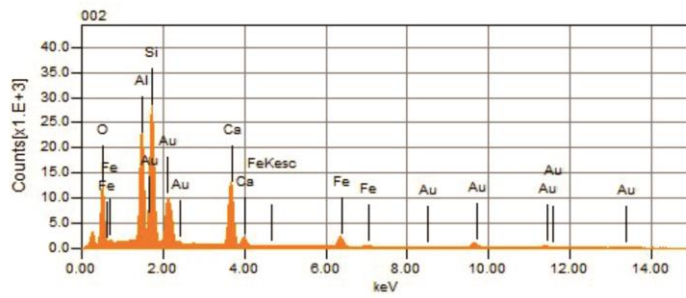


Ponto 003

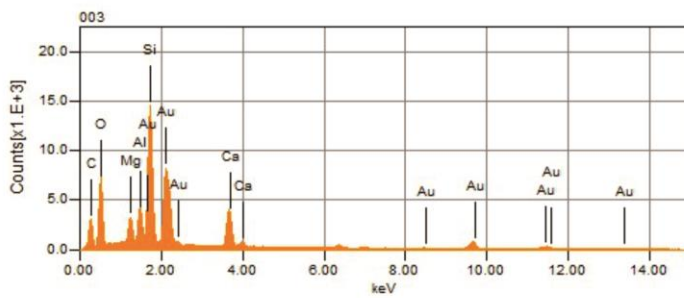
# Amostra 9\_1



Ponto 001

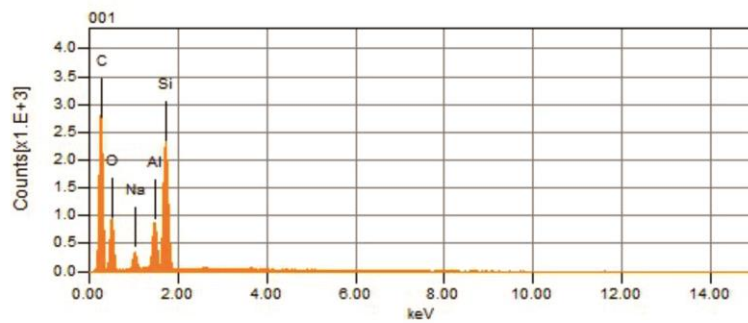
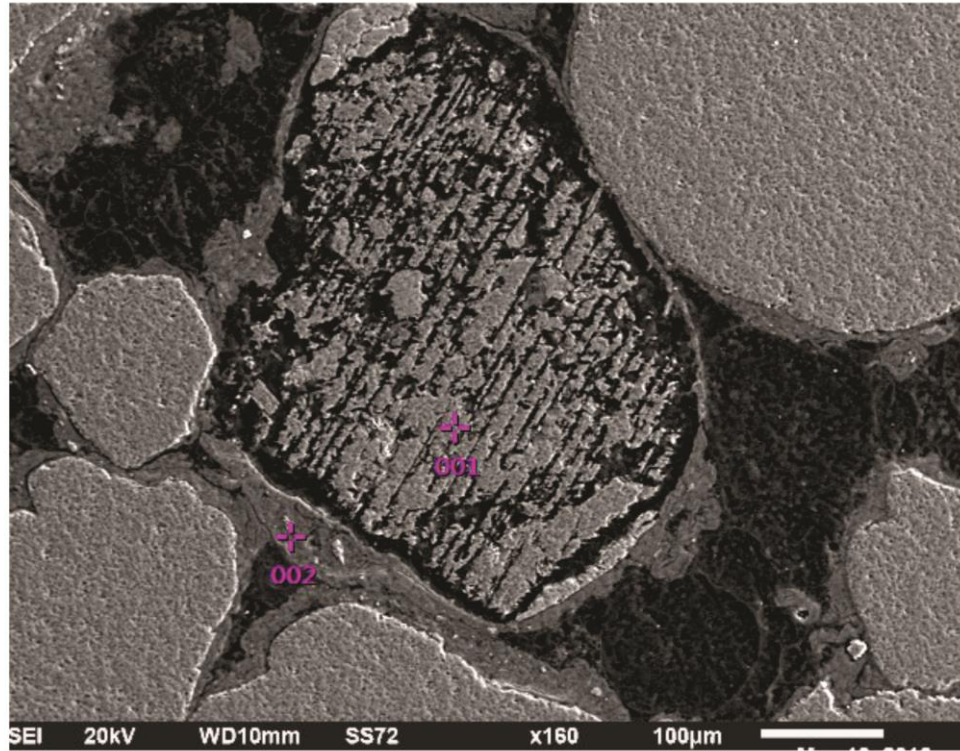


Ponto 002

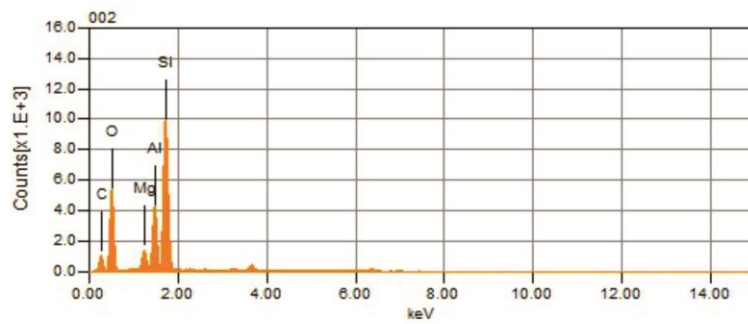


Ponto 003

## Amostra 10\_1

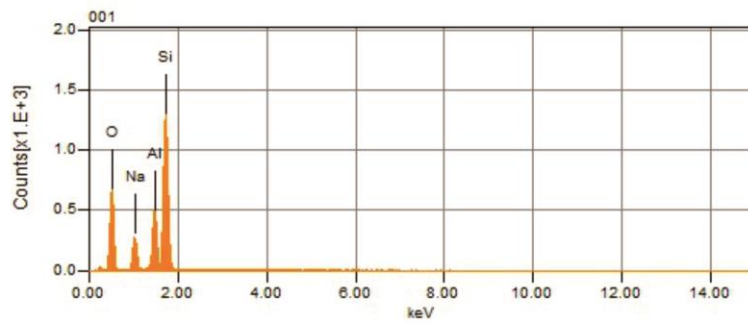
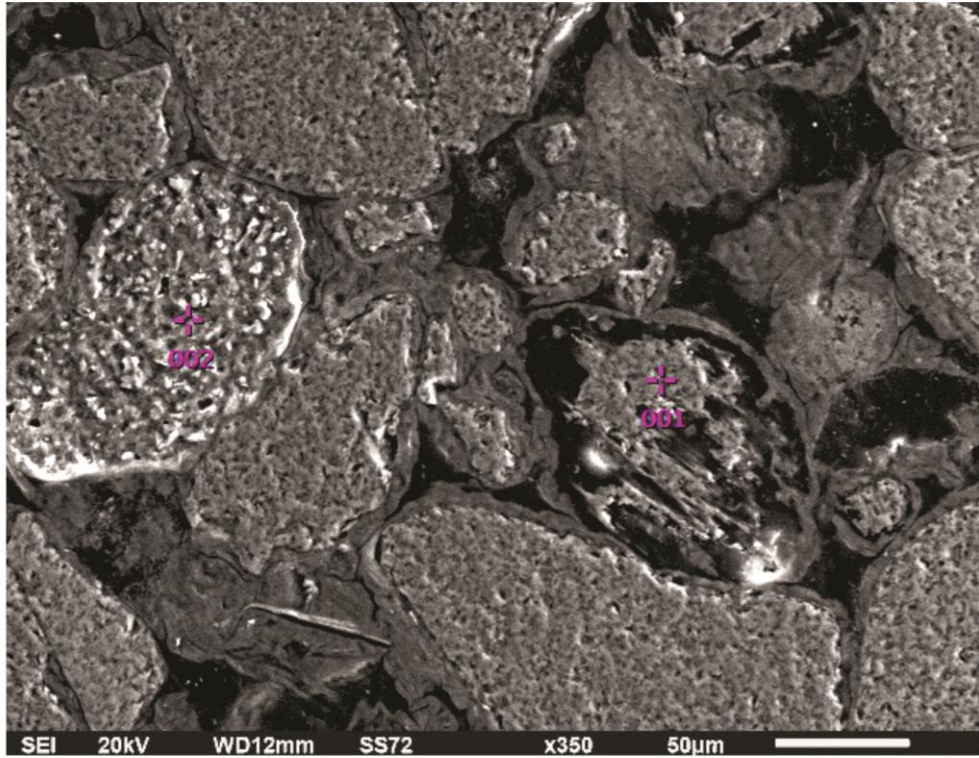


Ponto 001

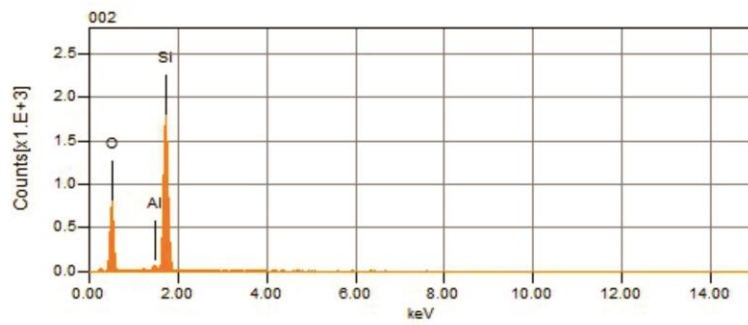


Ponto 002

## Amostra 11\_1

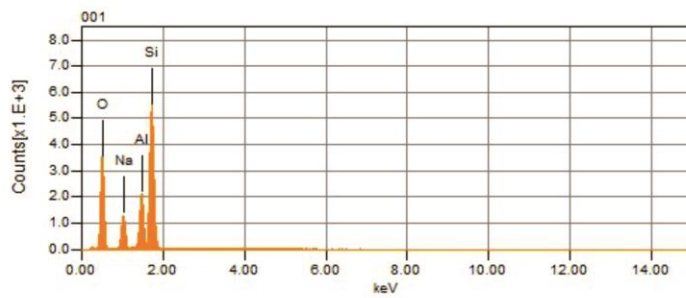
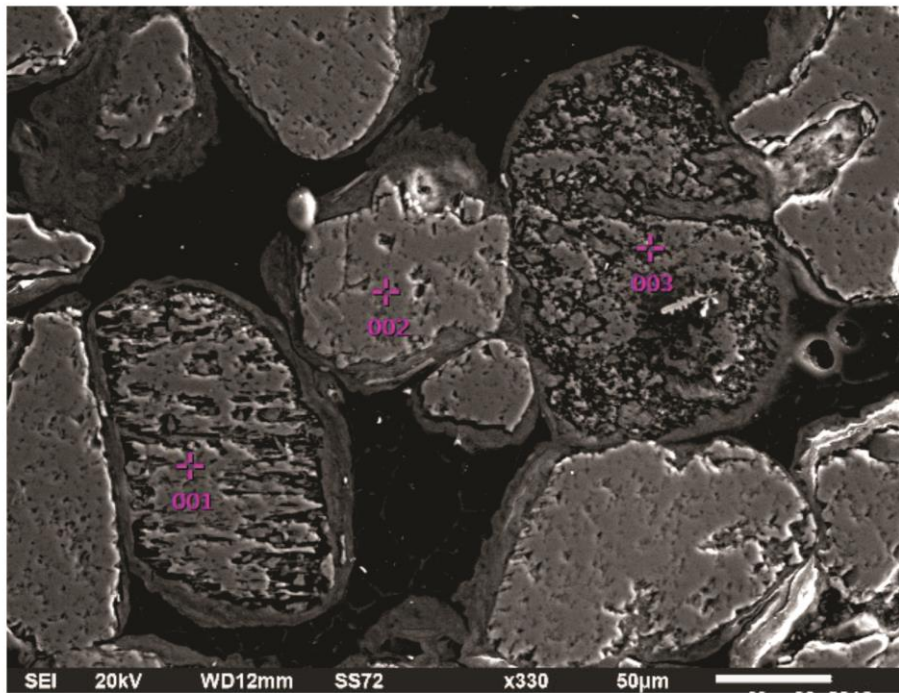


Ponto 001

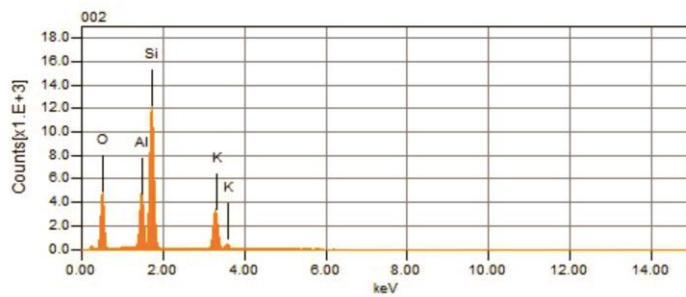


Ponto 002

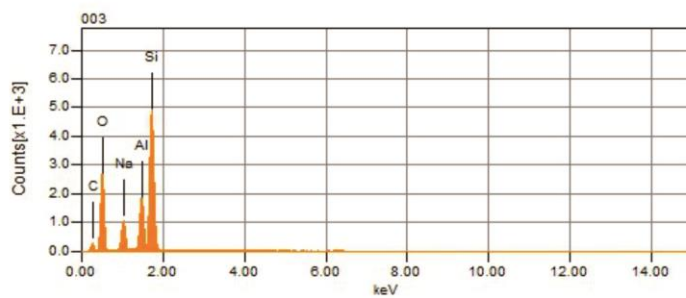
# Amostra 12\_1



Ponto 001

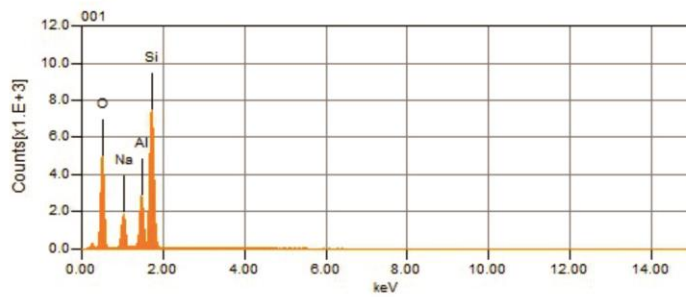
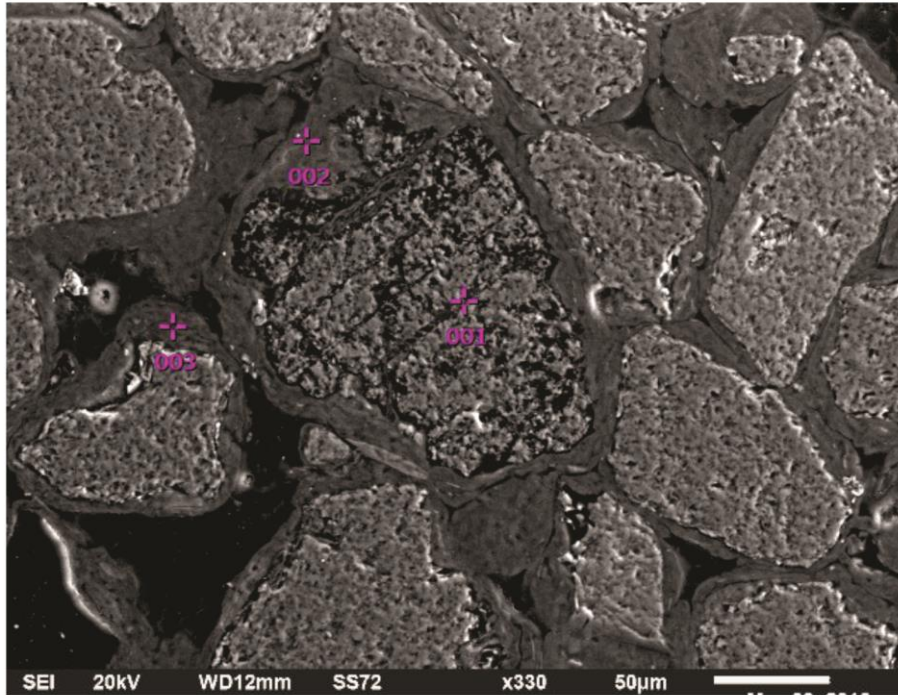


Ponto 002

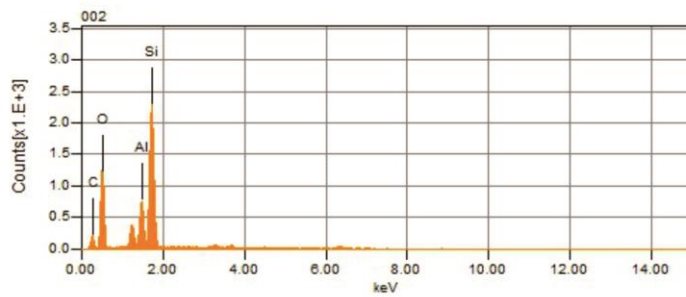


Ponto 003

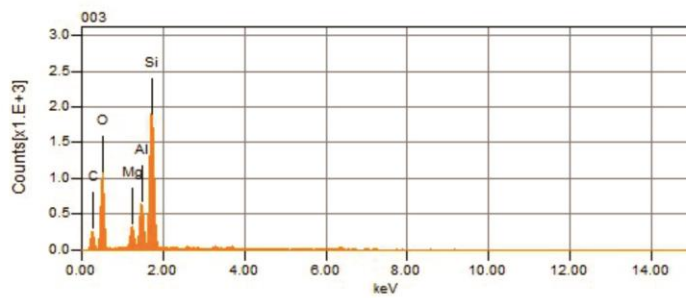
# Amostra 12\_2



Ponto 001

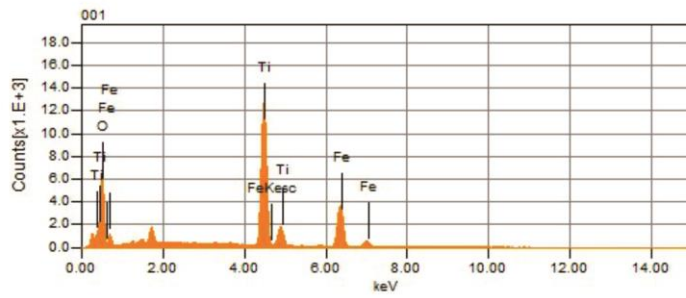
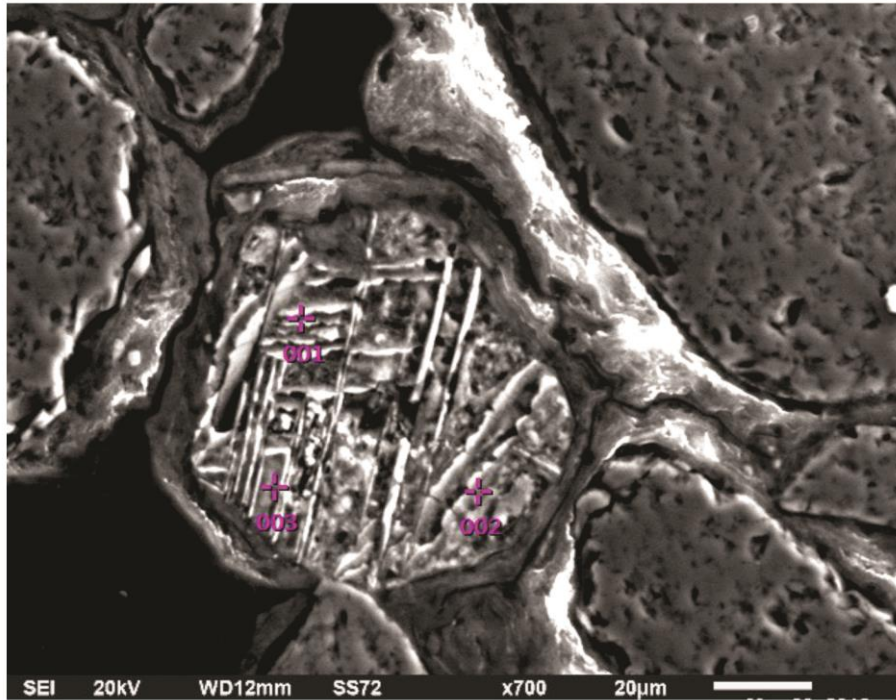


Ponto 002

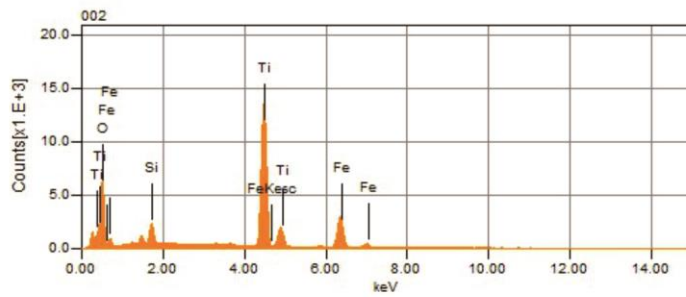


Ponto 003

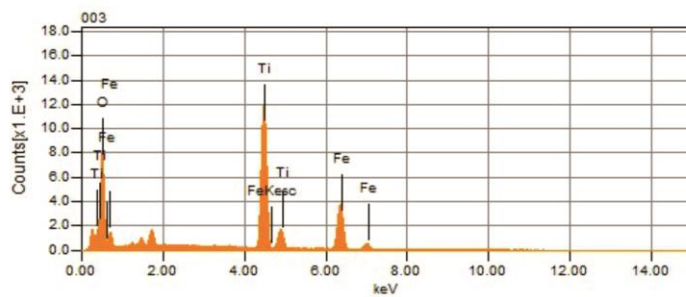
### Amostra 12\_3



Ponto 001

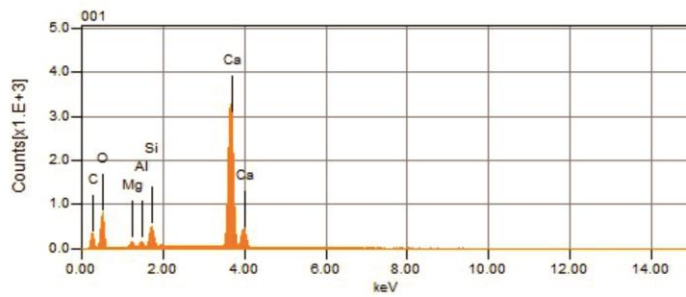
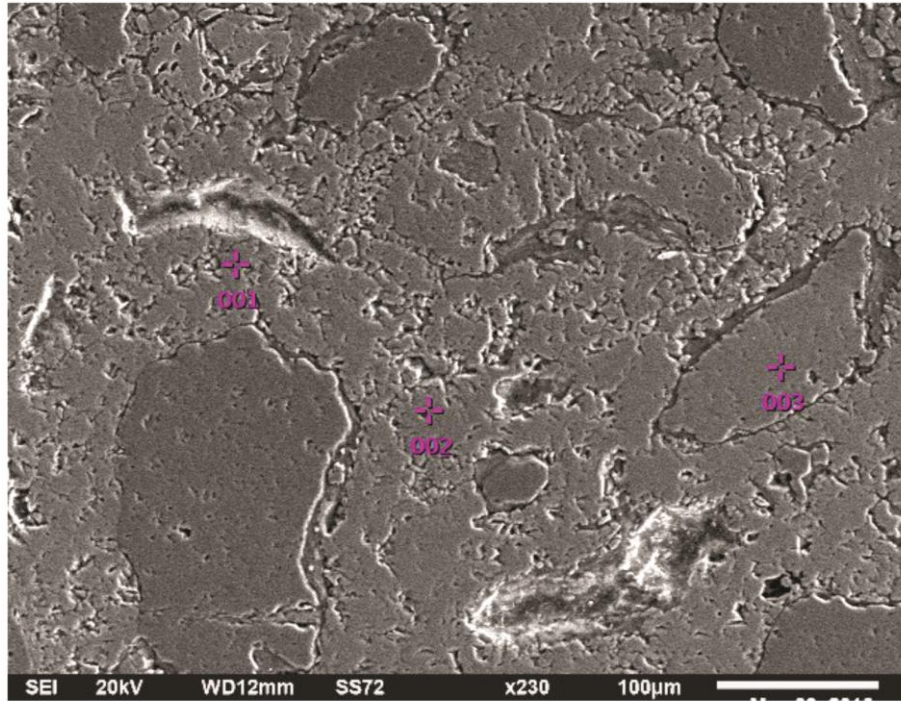


Ponto 002

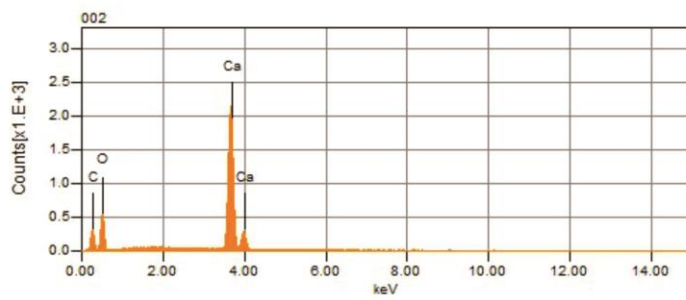


Ponto 003

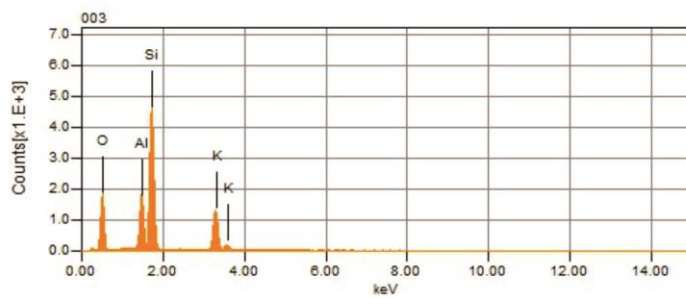
# Amostra 12\_4



Ponto 001



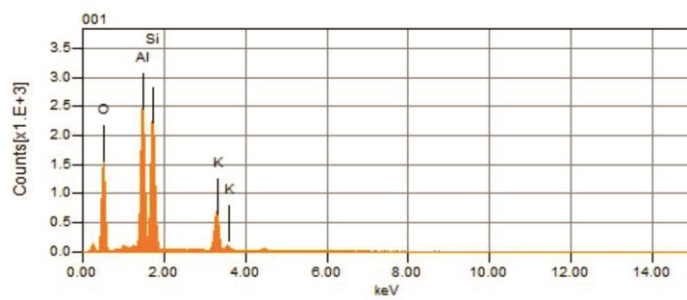
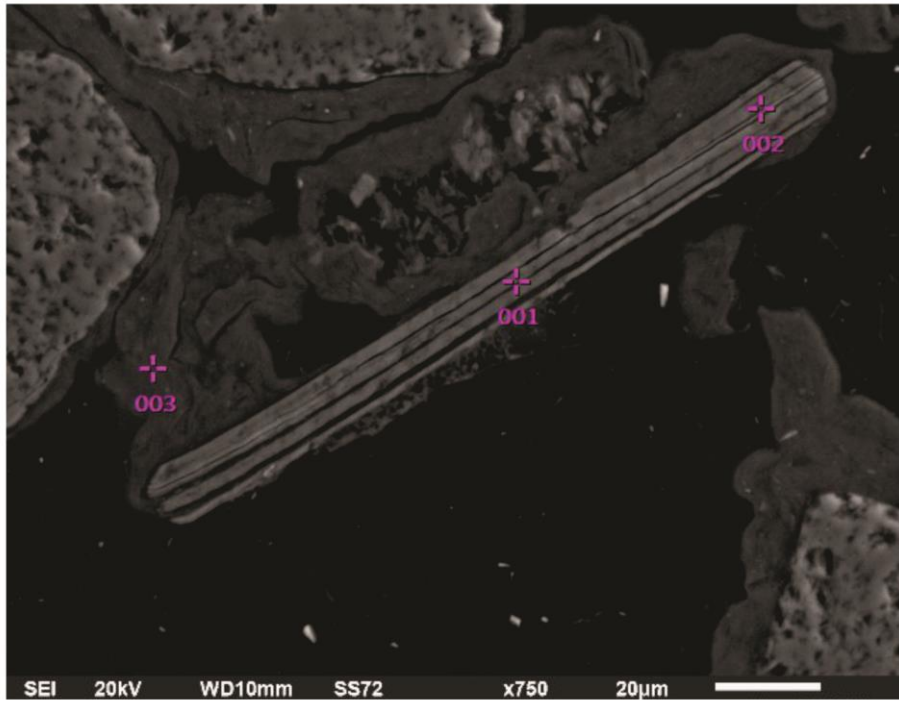
Ponto 002



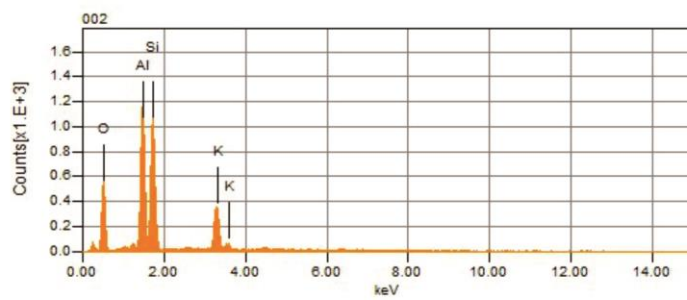
Ponto 003



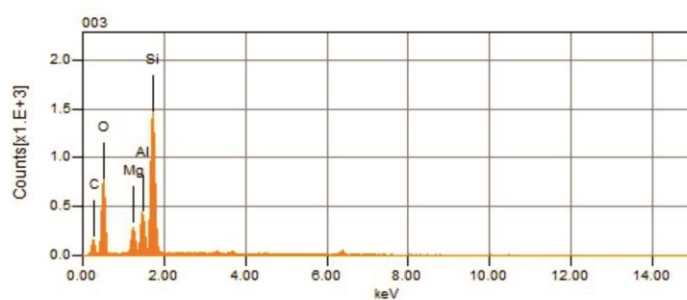
## Amostra 13\_1



Ponto 001



Ponto 002



Ponto 003