

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E MINERALÓGICA  
DOS SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO  
ADAMANTINA EM URÂNIA – SP**

**Leonardo Nobuo Oshima Marcolan**

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo A. Bertolo

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF/2006-29)

São Paulo  
2006

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Caracterização química e mineralógica dos sedimentos  
da formação Adamantina em Urânia – SP**

**Leonardo Nobuo O. Marcolan**

Monografia de Trabalho de Formatura



**Banca Examinadora**

Prof. Dr. Reginaldo Antonio Bertolo  
Profa. Dra. Marta Lúcia Nunes Almodovar  
Prof. Dr. Ricardo César Aoki Hirata

São Paulo  
2006

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900024337

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E MINERALÓGICA  
DOS SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO  
ADAMANTINA EM URÂNIA – SP**



**Leonardo Nobuo Oshima Marcolan**

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo A. Bertolo

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF/2006-29)

São Paulo  
2006



**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E MINERALÓGICA  
DOS SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO ADAMANTINA  
EM URÂNIA – SP**

*Leonardo A.O. Marcolan*

---

**Leonardo Nobuo Oshima Marcolan**  
Aluno

*Reginaldo A. Bertolo*

---

**Reginaldo Antonio Bertolo**  
Orientador

São Paulo  
2006

# SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>i</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>2</b>
<b>2 METAS E OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
<b>3 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>5</b>
3.1 CROMO NO MEIO AMBIENTE .....	5
3.2 CASOS SIMILARES DE OCORRÊNCIA NATURAL DE CROMO .....	6
3.3 GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO.....	8
3.4 HIDROGEOLOGIA E HIDROGEOQUÍMICA.....	9
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>11</b>
4.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA .....	11
4.2 BANCO DE DADOS.....	11
4.3 ANÁLISES MACROSCÓPICAS .....	11
4.4 ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS .....	11
4.5 PENEIRAMENTO VIA ÚMIDA E SEPARAÇÃO DE MINERAIS FINOS E PESADOS.....	12
4.6 ANÁLISES MINERALÓGICAS .....	13
4.6.1 <i>Microscopia Óptica</i> .....	13
4.6.2 <i>Análises por Difração de Raios X</i> .....	14
4.7 ANÁLISES QUÍMICAS .....	14
4.7.1 <i>Análises Químicas Fluorescência de Raios X</i> .....	14
4.7.2 <i>Microscopia de Varredura Eletrônica – MEV</i> .....	15
<b>5 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO</b> .....	<b>16</b>
5.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS .....	16
5.1.1 <i>Análises Granulométricas</i> .....	16
5.1.2 <i>Peneiramento via úmida e separação de minerais finos e pesados</i> .....	16
5.1.3 <i>Preparação de lâminas</i> .....	17
5.1.4 <i>MEV</i> .....	17
5.2 CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES EFETIVAMENTE REALIZADAS .....	18
<b>6 RESULTADOS OBTIDOS</b> .....	<b>19</b>

6.1	ANÁLISES MACROSCÓPICAS .....	19
6.2	ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS .....	20
6.3	ANÁLISES MICROSCÓPICAS.....	22
6.4	ANÁLISES QUÍMICAS FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X.....	24
6.5	ANÁLISES POR DIFRAÇÃO DE RAIOS X .....	36
6.6	MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA (MEV) .....	37
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>43</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>45</b>
<b>9</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>48</b>
9.1	ANÁLISE MACROSCÓPICAS.....	49
9.2	ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS .....	50
9.3	ANÁLISES FLUORESCÊNCIA RAIOS X.....	51
9.4	ANÁLISES DIFRAÇÃO RAIOS X .....	52
9.4.1	<i>Finos</i> .....	52
9.4.2	<i>Pesados</i> .....	53
9.5	ANÁLISES MICROSCÓPICAS.....	54

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus agradecimentos a pessoas e entidades que estiveram presentes nas etapas desse projeto e no período de minha graduação.

Ao Reginaldo Bertolo, por toda sua dedicação, paciência, disponibilidade (mesmo nos momentos em que se encontrava muito ocupado), ensinamentos, amizade e por minha iniciação no mundo científico, mostrando sempre com muito entusiasmo os processos, etapas e objetivos da vida acadêmica.

À Ana Lúcia Gesicki, por seu valoroso apoio neste projeto desde seu início, despendendo boa parte de seu tempo para indicar os caminhos a seguir no decorrer do projeto e pelas grandes dicas e discussões sobre o assunto.

Ao Instituto de Geociências da USP, pela disponibilização de toda suas dependências e infra-estrutura.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo financiamento da pesquisa (processo nº 05/60502-3) e fornecimento de bolsa de estudo (processo nº 05/57942-1).

A todos os funcionários dos laboratórios envolvidos nas atividades deste projeto e também dos funcionários da gráfica do Instituto de Geociências.

A Weder Portugal, companheiro de orientação neste Trabalho de Formatura, a qual geralmente compartilhávamos da mesma correria e dificuldades nesta etapa.

A todos os amigos feitos no período de graduação do curso de Geologia.

A todos os amigos, das diferentes localidades do mundo, que conheci no período inesquecível de minha vida que passei no Canadá, e que vão ficar marcados em minha memória.

E, finalmente, às pessoas responsáveis não somente pela minha graduação, mas por sempre estarem presentes em todas as etapas da minha vida, e pelo amor, carinho, dedicação e preocupação durante todos esses anos, e sem a qual eu não estaria aqui sem o apoio deles, meu pai, João, minha mãe, Marina, e minhas irmãs, Olívia e Juliana.

## RESUMO

Na região noroeste do Estado de São Paulo, numa área abrangendo 53 cidades, têm sido detectados, nas águas subterrâneas, teores anômalos de cromo hexavalente, algumas vezes ultrapassando o limite máximo permitido para consumo humano (0,05 mg/L). A cidade de Urânia foi selecionada para estudo pois apresenta um dos maiores e mais persistentes teores deste elemento na região.

Este trabalho, inserido num projeto mais amplo, que visa a investigação completa da hidrogeoquímica do aquífero em questão, tem como objetivo a caracterização química, mineralógica e petrográfica de amostras de sedimentos provenientes dos testemunhos de dois poços de monitoramento que chegam até 100 m de profundidade, visando identificar em quais camadas e de que forma se encontra o cromo na fase sólida.

Os sedimentos foram caracterizados como quartzo arenitos finos, maciços, moderadamente selecionados, apresentando cimentação carbonática nas porções intermediárias e profundas, mineralogia largamente predominante de quartzo, seguida de feldspato, augita, granada, cianita e opacos. Nas análises macroscópicas as litologias puderam ser distinguidas em cinco fácies. As análises granulométricas mostram grande predomínio da fração areia sobre fração argila/silte, com cerca de 90% do total da amostra. As análises microscópicas determinam que há a proporção média de 80% de arcabouço, 10% de cimento e 10% de poros, sem matriz; os sedimentos são subarredondados, supermaturados mineralogicamente, submaturados texturalmente, e não possuem orientação; a cimentação é de carbonato de cálcio e óxidos de ferro. Os cristais de augita das porções de profundidade intermediária apresentam estruturas de dissolução. As análises por Difração de Raios X indicam que o mineral de argila da fração fina é esmectita. As análises de Fluorescência de Raios X indicam concentrações médias de cromo de 220 ppm, atingindo valores máximos de 336 ppm em profundidades em torno de 50m. Trata-se então de uma anomalia, já que os valores são elevados se comparados com solos de outras regiões do Estado de São Paulo, que tem média de 26,3 ppm de cromo. Essas concentrações são próximas, às vezes até excedendo, do valor de intervenção (300 ppm) definidos pela CETESB.

## ABSTRACT

In the northwestern region of São Paulo state, in an area surrounding 53 cities, anomalous chromium contents, sometimes exceeding the maximum limit permitted for human consumption (0.05 mg/L), have been detected in groundwater. The city of Urania was selected for the study because it has the highest and most persistent contents of chromium in this region.

This research, inserted in a greater project, that focus in a complete investigation of the aquifer hidrogeochemic, intended to make chemical, mineralogical and petrographical characterization of sediment samples from wells reaching 100 m of depth, aiming to identify in which layers and which ways chromium is inserted in the solid phase.

The sediments were characterized as fine quartzarenites, massive, moderately sorted, with carbonate cementation in medium depths, mineralogy with high predominancy of quartz, followed by feldspar, garnet, kyanite and opaque minerals. With macroscopic analysis, litologies were distinguished in five facies. Grain-size analysis show predominancy of sand fraction over clay/silte, with 90% of total. Microscopic analysis determine that sediments have in average 80 % of framework, 10 % of pores, 10 % of cement and no matrix. The sediments are sub-rounded, mineralogically supermature, texturally submature and there is no orientation of grains. The cement is calcium carbonate and iron hydroxides. Augite crystals from intermediary depths present dissolution structures. X-Ray Difrraction analysis indicate that the clay mineral from fine fraction is smectite. X-Ray Fluorescence analysis in the samples indicates average chromium concentrations of 220 ppm, reaching maximum values of 336 ppm in depths around 50 m. The concentrations of chromium in this soil are an anomaly, since the values are high if compared with soils from another regions in São Paulo state - that have an average of 26,3 ppm of chromium - and are close, sometimes exceeding, to the intervention limit (300 ppm) defined by CETESB.

# 1 INTRODUÇÃO

Na região noroeste do Estado de São Paulo, numa área abrangendo 53 cidades, teores anômalos de cromo hexavalente nas águas subterrâneas têm sido detectados, algumas vezes ultrapassando o limite máximo permitido para consumo humano (0,05 mg/L). Uma vez que 80 a 90% dessas cidades são abastecidas total ou parcialmente por águas subterrâneas, que atendem a uma ampla demanda, como o uso urbano, rural e industrial, a ocorrência de cromo se torna uma grande preocupação à saúde pública. A cidade de Urânia foi selecionada para estudo pois apresenta um dos maiores e mais persistentes teores deste elemento na região.

Almodovar (2000) investigou o cromo nas águas subterrâneas em Urânia, procurando definir sua origem como antrópica ou natural e os mecanismos hidrogeoquímicos que controlam a presença deste elemento no sistema rocha-água, executando levantamento de fontes antrópicas potenciais de cromo e enfatizando a hidrogeoquímica das zonas não-saturada e saturada com detalhe.

Como resultados, a autora comprovou que a origem do cromo nas águas subterrâneas de Urânia é natural, proveniente da dissolução de minerais cromíferos dos solos e sedimentos da Formação Adamantina. Entretanto, embora a autora tenha identificado minerais cromíferos nos sedimentos e condições físico-químicas para a dissolução destes (elevados valores de pH em ambiente oxidante), ainda não ficou claro como o cromo passa da fase sólida para a água subterrânea, ou seja, quais são os fenômenos geoquímicos que justificam esta passagem.

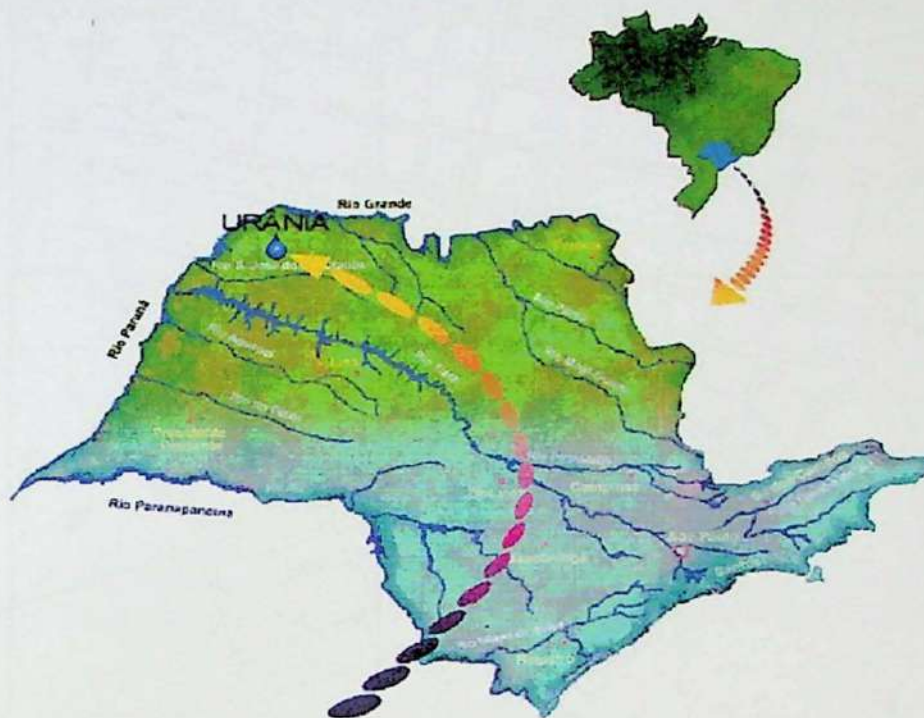
Este Trabalho de Formatura tem como objetivo a caracterização química, mineralógica e petrográfica de amostras de sedimentos provenientes de testemunhos de perfurações profundas, visando identificar em quais camadas e de que forma se encontra o cromo na fase sólida.

O objetivo deste projeto é parte de um objetivo mais amplo, relativo a um projeto maior intitulado "Complementação da investigação hidrogeoquímica do cromo no aquífero Adamantina em Urânia - SP", financiado pela FAPESP (processo nº 05/60502-3), que visa identificar os fenômenos que controlam a passagem do cromo da fase sólida para a água subterrânea. Para tanto, além da caracterização da fase sólida, estão também previstas atividades de análises químicas da água subterrânea e modelagens geoquímicas. Uma vez estabelecidos os fenômenos geoquímicos da interação água / rocha, espera-se haver uma série de elementos que possibilitem o gerenciamento do problema.

A natureza e os resultados da investigação possuem, portanto, notável interesse do ponto de vista científico e importante aplicabilidade do ponto de vista sócio-econômico. As tarefas relativas ao âmbito deste projeto de Trabalho de Formatura, de caracterização

química e mineralógica da fase sólida, são fundamentais para o êxito do projeto como um todo.

A área de estudo localiza-se no município de Urânia na região noroeste do Estado de São Paulo, próximo do município de Jales e a 600 km da capital (Figura 1). Para a execução do trabalho, foram utilizados testemunhos de perfuração de dois poços de monitoramento (com profundidades de até 100m), o PM-01/02, com 19 amostras, e o PM-03, com 17 amostras (fig. 2). Foram realizadas amostragens de 1 m de comprimento para cada 5 m perfurados.



*Figura 1 - Localização do município de Urânia no Estado de São Paulo*

## **2 METAS E OBJETIVOS**

O objetivo principal deste trabalho é a caracterização química, mineralógica e petrográfica de amostras de sedimentos provenientes dos testemunhos das perfurações profundas, visando identificar as principais espécies portadoras de cromo nos sedimentos, bem como identificar em quais fácies sedimentares estes minerais se concentram. Estes resultados serão pré-requisito para a realização dos trabalhos posteriores de coleta de amostras de água subterrânea de profundidades específicas nos poços onde os testemunhos foram coletados.

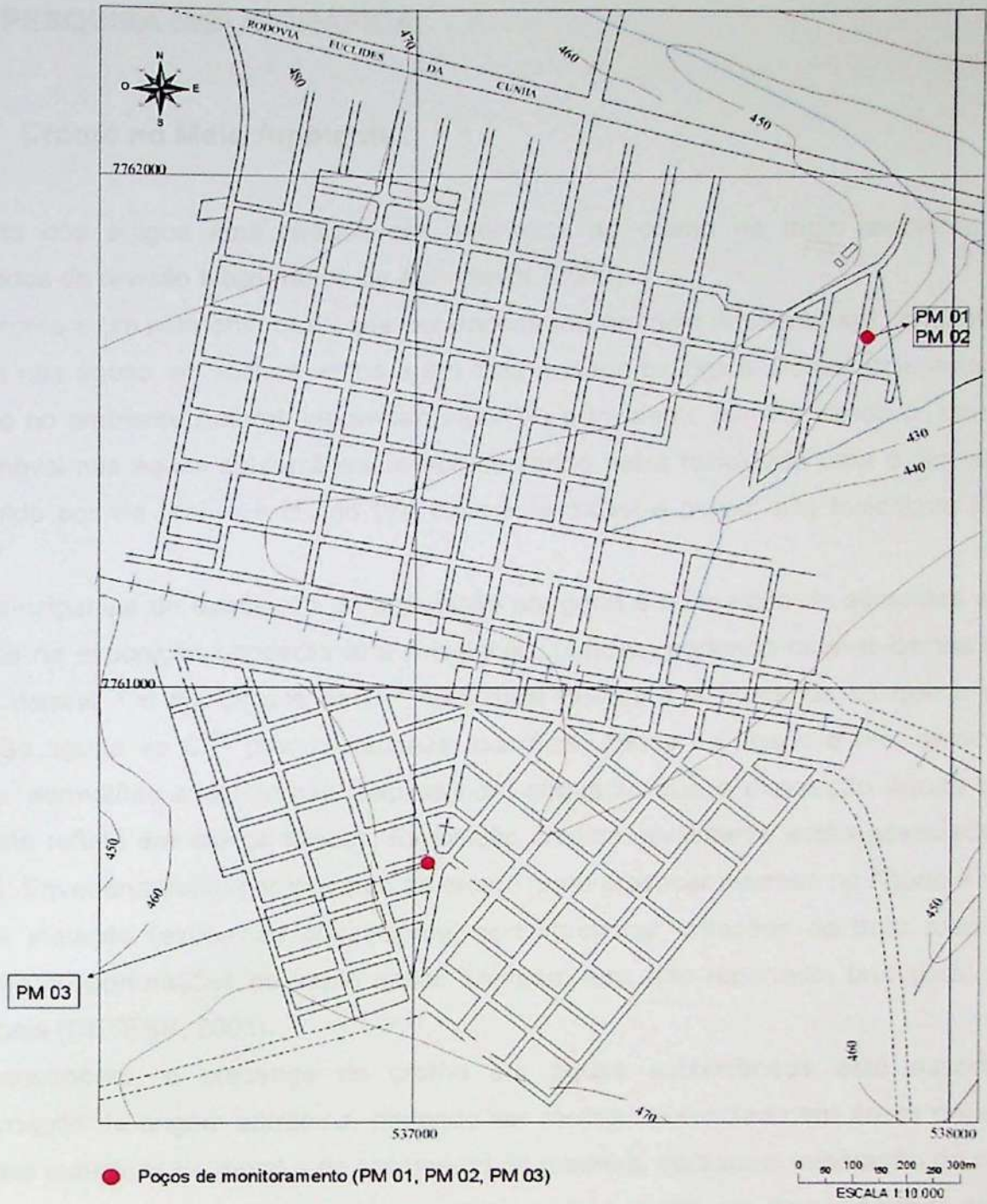


Fig. 2 – Localização dos poços de Monitoramento PM-01/02 e PM-03 na cidade de Urânia - SP

### 3 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Cromo no Meio Ambiente

Muito dos artigos aqui citados em referência ao cromo no meio ambiente foram consultados da revisão bibliográfica de Almodovar (2000).

O cromo é um elemento que pode ser encontrado no meio ambiente em concentrações variadas nas águas, ar, rochas, solos e em toda matéria biológica. Possui dois estados de oxidação no ambiente natural: hexavalente (Cr VI) e trivalente (Cr III), sendo o cromo (III) pouco móvel nas águas subterrâneas e apresentando baixa toxicidade para o ser humano, se ingerido por via oral, e o cromo (VI) altamente móvel e possui alta toxicidade (Calder, 1988).

A principal via de exposição da população em geral é a ingestão de alimentos e água, enquanto na exposição ocupacional é a inalação, também podendo ocorrer dermatites por contato dermal. Os compostos de  $\text{Cr}^{6+}$  são mais tóxicos aos humanos do que o  $\text{Cr}^{3+}$ . A exposição aguda ao  $\text{Cr}^{6+}$  produz náuseas, diarreias, danos no fígado e rim, hemorragias internas, dermatites e problemas respiratórios, enquanto que a exposição aguda ao  $\text{Cr}^{3+}$  raramente reflete em efeitos tóxicos. Exposição crônica geralmente estão associadas com alergias. Envenenamento por ingestão de cromo pode provocar necrose no fígado e rim. No caso de inalação (exposição ocupacional) pode provocar irritações do trato respiratório, ulceração ou perfurações no septo nasal. Também tem sido reportado, bronquite, rinite e pneumonia (CETESB, 2001).

Normalmente, a presença de cromo em águas subterrâneas está associada à contaminação de origem antrópica, podendo ser melhor evidenciada em áreas onde estão instaladas indústrias de metal e de tratamento de madeira, curtumes, mineração de cromo e processos de beneficiamento de metal, indústrias de manufaturas de pigmentos, de filmes fotográficos e de inibidores de corrosão, entre outras.

Entretanto, a ocorrência natural do elemento em concentrações acima das normas de potabilidade da água é bastante rara.

Hem (1985) cita que concentrações de cromo em águas de rios não contaminados são normalmente menores do que 0,01 mg/L. Durfor & Becker (1964) reportam concentrações menores do que 0,00043 mg/L nas águas de abastecimento público e de 0,0058 mg/L nos rios dos EUA. Segundo Love (1967), poucas águas de fontes naturais contêm cromo. Estas águas podem provavelmente contê-lo somente como elemento traço.

O cromo é um metal que ocorre freqüentemente na natureza. Sua composição média na crosta é de 100 ppm. Em rochas sedimentares, a presença de cromo pode estar associada a minerais de argila, como a montmorilonita, que comporta a substituição atômica de um considerável número de elementos em sua estrutura, incluindo o cromo trivalente. Nestes

minerais o cromo não tem origem primária. Nas rochas ígneas, o cromo está presente em piroxênios. Estes minerais têm uma composição altamente variável devido à substituição atômica. O íon em questão pode ocorrer em até 1,2% em alguns diopsídios e em algumas augitas (Mason, 1971).

A concentração de cromo no solo pode ser determinada pelo material de sua origem. Solos derivados de rochas ígneas e de folhelhos apresentam concentrações mais elevadas, comparativamente a outras litologias. Solos derivados de serpentinitos usualmente contêm alto teor de cromo. Em solos com elevado teor de óxidos de manganês foi constatada a possibilidade do Cr (III), forma relativamente estável, ser oxidado à forma de Cr (VI), de grande mobilidade no solo (Bartlett & James, 1979). Porém, a redução de Cr (VI) no solo, pode ser aumentada com a presença de matéria orgânica (Carry et al., 1977; Bartlett & Kimble, 1976).

### **3.2 Casos similares de ocorrência natural de cromo**

A seguir são indicados trabalhos em que ocorrem casos similares de contaminação por cromo natural.

Ball & Izbick (2004) estudaram a parte oeste do Deserto de Mojave, a leste de Los Angeles, Califórnia, EUA, onde quase toda a água subterrânea é bombeada de aquíferos aluviais que consistem de granitos e rochas metamórficas intemperizadas das montanhas San Bernardino e granitos e rochas metamórficas e vulcânicas intemperizadas de montanhas menores ao leste do Deserto de Mojave. Aproximadamente 200 amostras foram coletadas de poços públicos, domésticos e de observação, onde foram analisadas para Cr total dissolvido e Cr (VI). No estudo, os valores de Cr total dissolvido variaram de menos do limite de detecção de 0,1 µg/l até 60µg/l e quase todo o Cr presente era Cr(VI). Foi observado que a concentração de Cr(VI) era diretamente proporcional à quantidade de O<sub>2</sub> dissolvido e aos valores de pH. As maiores concentrações de Cr(VI) na água subterrânea estavam associadas aos depósitos aluviais em leque Sheep Creek, resultantes do intemperismo de rochas máficas das montanhas San Gabriel.

Gonzalez *et al* (2005) realizaram estudos na região do condado de Santa Cruz, Califórnia, EUA, que indicaram uma contaminação da água potável proveniente do aquífero Aromas Red Sand. As concentrações de cromo hexavalente atingiram valores desde 6 até 36 µg/L, bem próximos do limite de potabilidade de 50 µg/L. O aquífero Aromas Red Sand é confinado em sua maior parte com espessura variando de 30 a 300m e consiste primariamente de arenito quartzoso e areias marrom escuras a vermelhas bem selecionadas, friáveis. Analisando-se a geologia local desse aquífero, percebe-se haver semelhanças litológicas com as rochas aflorantes no município de Urânia. O objetivo do estudo foi de investigar a fonte e os gradientes espaciais das concentrações e especiações do cromo nos aquíferos locais. Foram coletadas 11 amostras de água subterrânea no

condado de Santa Cruz, sendo dez do aquífero onde estavam sendo reportadas as elevadas concentrações de cromo, o aquífero Aromas Red Sand, e uma de um aquífero adjacente, o Purisima, que depois foram analisadas para análise de cromo total. Foi medida também a especiação do cromo e determinado que em média 84% do cromo total era Cr(VI). Também foram feitas análises de extração seqüencial em amostras de sedimento dos dois aquíferos, usadas para caracterizar a distribuição de metais traço do sedimento, como Cr, Fe, Mn, fornecendo informações sobre a origem, disponibilidade, reatividade e mobilização desses metais traço. Os resultados das amostras de água subterrânea e sedimentos indicam que o cromo ocorre naturalmente no aquífero Aromas Red Sand, possivelmente por depósitos minerais de Cr(III) sendo oxidados para Cr(VI) por óxidos de manganês do aquífero.

Robertson (1991) definiu que o cromo hexavalente é um constituinte que ocorre naturalmente na água subterrânea de bacias por toda parte central e oeste do Arizona. Cinco por cento de 436 amostras continham concentrações de Cr(VI) acima do limite de potabilidade (50 µg/l). A ocorrência e magnitude estão associadas com o tipo de rocha-fonte e com áreas da bacia que contém águas subterrâneas antigas, oxidadas e com pH elevado. As maiores concentrações ocorrem mais freqüentemente nas bacias rodeadas por rochas vulcânicas, particularmente as de composição intermediária. As bacias que contém as maiores concentrações são aquelas que recebem menos recarga, ou seja, águas de longo tempo de residência. Cr(VI) correlaciona-se dentro da área de estudo com pH, flúor, vanádio e urânio. A correlação com flúor pode ser efeito indireto de um controle de troca dependente de pH-flúor. A correlação com vanádio e urânio pode ser devido à sua similaridade geoquímica. Vanádio e urânio, assim como o cromo, são oxidados ao seu mais alto e solúvel estado de oxidação. Pelo fato da solubilidade do cromo estar relacionada ao pH e o potencial redox da água subterrânea, a solubilidade das espécies foi examinada termodinamicamente por medidas de Eh-pH. A origem do Cr(VI) é proveniente da oxidação do Cr(III) de dentro da bacia, já que os potenciais medidos usando-se um eletrodo de platina e os valores de pH deram solubilidades de equilíbrio parecidas com as observadas. O Cr(VI) aparenta estar em equilíbrio com o oxihidróxido de Cr(III).

Em León Guanajuato Valley, México central, foi detectada a presença de cromo nas águas subterrâneas, resultante de fontes naturais. Estudos foram realizados para se descobrir quais tipos de rochas e processos geoquímicos eram responsáveis pela presença de cromo na água. Foram realizadas análises químicas das águas superficiais e subterrâneas, difração de raio-X e determinação por espectrômetro de energia dispersiva EDS (Energy Dispersive Spectrometry). Experimentos de lixiviação com vários tipos de rocha, incluindo determinações por microscopia de escaneamento de elétrons SEM (Scanning electron microscopy)/EDS e descrições petrográficas, foram utilizados para identificar os minerais com as maiores possibilidades de liberar cromo. Foi concluído que a

leste de Leon Valley, o cromo vem das unidades ultramáficas, e de seus produtos de alteração da Sierra de Guanajuato. A tectônica recente e passada e eventos hidrotermais também contribuem para a liberação de cromo. Entre as rochas estudadas, os serpentinitos mostraram o maior potencial de poluição de água e a desintegração de bordas de exsolução parece ser o principal processo geoquímico responsável pelo cromo (Camacho & Armienta 2000).

### 3.3 Geologia da Área de Estudo

O município de Urânia localiza-se na região noroeste do Estado de São Paulo . Nesta área afloram os sedimentos da Formação Adamantina do Grupo Bauru (Cretáceo Superior), que recobrem os basaltos da Formação Serra Geral (Juro-Cretáceo).

A Formação Adamantina é constituída por bancos de arenitos finos de coloração rósea a creme e cimentação carbonática localizada. Podem ocorrer de forma alternada com lamitos, siltitos e arenitos lamíticos de cores avermelhadas, sendo que o conjunto foi depositado em ambiente continental fluvial (Soares *et al.*, 1980). A mineralogia dos sedimentos é composta principalmente por quartzo e secundariamente feldspatos, sendo reconhecidos por Brandt Neto *et al.* (1985) os argilo-minerais caulinita, montmorilonita e palygorskita.

Coimbra (1976) indica como área fonte os sedimentos fanerozóicos preexistentes a noroeste e sudeste, áreas de rochas básicas do Grupo São Bento, metamórficas dos Grupos Araxá e Canastra e alcalinas do Triângulo Mineiro a nordeste.

O contato inferior da Formação Adamantina normalmente se dá com a Formação Santo Anastácio de forma transicional e interdigitada. Na região de Urânia, porém, o contato inferior desta formação se dá direta e discordantemente com os basaltos da Formação Serra Geral (IPT, 1981). O contato superior da Formação Adamantina é transicional com a Formação Marília e em discordância erosiva com os depósitos de coberturas de idade cenozóica (Fúlfaro & Bjornberg, 1993).

As maiores espessuras da Formação Adamantina ocorrem geralmente nas porções ocidentais dos espigões entre os grandes rios. Atinge 160 m entre os rios São José dos Dourados e do Peixe, 190 m entre os rios Santo Anastácio e Paranapanema, e 100 a 150 m entre os rios do Peixe e Turvo, adelgaçando-se destas regiões em direção a leste e nordeste (Soares *et al.*, 1980).

Almodovar (1995) identificou como sendo de 208 m a maior espessura do pacote de sedimentos da Formação Adamantina na cidade de Guzolândia. Em Urânia, onde afloram arenitos argilo-siltosos avermelhados, os sedimentos da Formação Adamantina foram encontrados até 160 m.

A estratigrafia da porção nordeste da Bacia Bauru foi revista por Fernandes (1998). Nesta nova concepção estratigráfica duas unidades geológicas cronocorrelatas são identificadas como formadoras desta bacia: grupos Caiuá e Bauru. Estes dois sistemas deposicionais teriam se formado sob condições geológicas semelhantes com clima semi-árido nas bordas passando a desértico no interior da bacia. O Grupo Caiuá é subdividido nas formações Rio Paraná, Goio-Erê e Santo Anastácio, que ocorre no extremo oeste do estado de São Paulo. Já o Grupo Bauru, predominante no Estado de São Paulo, aflora nos domínios orientais da bacia e é subdividido nas formações Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente e Marília e analcimitos Taiúva.

Neste contexto, afloram na cidade de Urânia os sedimentos da Formação Vale do Rio do Peixe. Esta unidade estratigráfica é constituída por arenitos muito finos a finos de cores marrom claro, rosado a alaranjado, seleção moderada a boa, com intercalações de siltitos de cores creme e marrom. A geometria dos arenitos é predominantemente tabular submétrica de aspecto maciço com zonas de estratificação/laminação plano-paralela grosseira e estratos também tabulares com estratificação cruzada tabular e acanalada de pequeno a médio porte. O autor sugere que a deposição da Formação Vale do Rio do Peixe se deu por ação principalmente eólica em extensas áreas planas (lençóis de areia com campos de dunas baixas) e subordinadamente por torrentes esporádicas (*loesse* e *wadis*).

### **3.4 Hidrogeologia e Hidrogeoquímica**

O município de Urânia encontra-se no contexto hidrogeológico do Sistema Aqüífero Bauru, que relaciona-se com as rochas do Grupo Bauru e ocupa uma área de cerca de 40% do território do Estado de São Paulo. O Sistema Aqüífero Bauru é regionalmente do tipo livre, localmente semi-confinado, com espessura saturada média de 100 m e podendo chegar até 250 m, tendo as rochas basálticas da Formação Serra Geral como o seu divisor inferior (DAEE, 1976 e 1988).

O Aqüífero Adamantina, unidade do Sistema Aqüífero Bauru correlacionada aos sedimentos da Formação Adamantina, possui extensão regional e tem comportamento livre a semi-confinado. A recarga ocorre naturalmente pela infiltração da chuva e as superfícies potenciométricas são fortemente influenciadas pela geomorfologia da área, onde os divisores de água subterrânea coincidem com os divisores das bacias hidrográficas. As linhas de fluxo convergem para os rios, tendo desta forma um caráter efluente.

Do ponto de vista hidrogeológico local, os poços tubulares de Urânia, Aspásia e Santa Salete mostram espessura saturada média de 100 m, capacidade específica de 0,24 m<sup>3</sup>/h/m e transmissividade de 6,31 m<sup>2</sup>/dia (Hirata & Rodolfi, 1993). Os perfis litológicos dos poços perfurados na cidade de Urânia mostram profundidades que variam de 70 a 270 m, nível estático variando de 4,5 a 50 m e vazão entre 2,2 e 18,8 m<sup>3</sup>/h (Almodovar, 1995).

Quanto à qualidade da água do Sistema Aquífero Bauru, DAEE (1976), estudando a região de Bauru, São José do Rio Preto, Araçatuba, Presidente Prudente e Marília, identificou dois grupos hidrogeoquímicos principais:  $rCa > rMg > rNa$  e  $rHCO_3 > rCl$ , para as águas pertencentes ao Bauru Superior e  $rNa > rCa > rMg$  e  $rHCO_3 > rCl$ , refletindo um enriquecimento em sódio, provenientes de um aquífero mais profundo. As águas do primeiro grupo são classificadas como bicarbonatadas cálcicas, secundariamente magnesianas ou sódicas e as do segundo grupo, bicarbonatadas sódicas, secundariamente cálcicas. Estas características também foram observadas por Rocha et al. (1982) e Campos (1987 e 1993).

Este último autor indica que o carbonato de cálcio (calcrete) e os argilo-minerais, constituintes do cimento das litofácies, devem ser as principais fontes de enriquecimento iônico do meio aquífero.

Gutierrez (2003) estudou a hidrogeoquímica das águas subterrâneas dos poços cacimba e tubulares profundos da cidade de Urânia. Observou que há uma evolução química da água de fluxos mais rasos para os mais profundos de nitrada cálcica (poços cacimba – pH médio de 5,3) para bicarbonatada cálcica (poços tubulares de particulares, com média de 80 m de profundidade – pH médio de 6,4) e depois para bicarbonatada sódica (poços profundos da SABESP, com média de 140 m de profundidade – pH médio de 7,3). O nitrato dos poços cacimba é considerado um poluente com origem ligada à ocorrência de carga orgânica em fossas e/ou à aplicação de fertilizantes. Com a profundidade, ocorre a dispersão do nitrato e o ânion dominante passa a ser o bicarbonato. Dentre os cátions, o cálcio predomina em superfície e diminui gradativamente em profundidade, enquanto o sódio vai se enriquecendo, também de forma gradativa. Os prováveis mecanismos hidrogeoquímicos que ocorrem em maiores profundidades e que explicam o comportamento dos cátions maiores são a dissolução de minerais com sódio e/ou a troca iônica do sódio pelo cálcio e magnésio na fase sólida.

Almodovar (1995) constatou a ocorrência de concentrações anômalas e acima dos limites de potabilidade de cromo na água subterrânea do Sistema Aquífero Bauru em vários municípios do oeste paulista. Almodovar (2000), continuando esta investigação, realizou um estudo de maior detalhe em Urânia a fim de identificar as causas da origem do cromo na água subterrânea naquele município. Como resultado, identificou que a origem do cromo é natural e não está ligada a nenhum evento de poluição de origem antrópica, que os sedimentos apresentam elevadas concentrações do elemento em relação a outros contextos geológicos e que as águas de circulação mais profunda e de maior tempo de trânsito no aquífero são aquelas que apresentam as maiores concentrações de cromo.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Pesquisa bibliográfica**

Para a pesquisa bibliográfica, foram realizados levantamentos através de artigos internacionais especializados, envolvendo casos similares de contaminação de cromo natural.

### **4.2 Banco de dados**

Foi realizada a compilação de dados obtidos quando da realização dos estudos de Almodovar (2000), Bertolo (2001), Gutierrez (2003) e Cagnon (2003).

### **4.3 Análises macroscópicas**

As análises macroscópicas foram realizadas com 36 amostras de sondagem de 2 poços (PM-01/02, com 19 amostras, e PM-03, com 17 amostras) com profundidade de aproximadamente 100 m, sendo que foram realizadas amostragens de 1 m de comprimento para cada 5 m perfurados. Foram analisados parâmetros como presença de matriz, cor, granulometria, seleção, arredondamento, mineralogia, estruturas, cimentação.

### **4.4 Análises granulométricas**

As análises granulométricas foram realizadas em 12 amostras (6 de cada poço), que foram selecionadas seguindo-se critérios de separação por fácies (separadas de acordo com critérios como cor, granulometria, presença maior ou menor de cimentação carbonática, presença de anfibólio/piroxênio, intraclastos de argila, grânulos). As amostras selecionadas foram:

- **Poço PM-01/02:**

- 2 (profundidade: 14-15m)
- 6 (profundidade: 34-35m)
- 9 (profundidade: 49-50m)
- 12 (profundidade: 64-65m)
- 16 (profundidade: 84-85m)
- 19 (profundidade: 99-100m)

- **Poço PM-03**

- 2 (profundidade: 24-25m)
- 5 (profundidade: 39-40m)
- 8 (profundidade: 54-55m)
- 11 (profundidade: 69-70m)

14 (profundidade: 84-85m)

16 (profundidade: 94-95m)

As 12 amostras passaram por um processo de preparação para a realização das análises granulométricas, através do Método de Pipetagem e Peneiramento (Suguio, 1973), no Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências da USP. Foram separadas cerca de 150 g de cada uma, que foram submetidas a um ataque ácido (HCl dissolvido), sendo lavadas várias vezes, por cerca de 5 dias para remobilização da cimentação de carbonato de cálcio.

As amostras foram desagregadas com um martelo de borracha para evitar quebra das partículas e então quarteadas manualmente uma única vez. Foram selecionadas cerca de 60 g de cada amostra, que foram utilizadas para as análises. Uma amostra de cada poço, as mais superficiais (PM-01/02 2 e PM-03 2), que aparentemente não apresentavam cimentação carbonática, foram submetidas às análises por 2 vezes, uma primeira vez utilizando-se do ataque ácido e na outra passando pela desagregação direta, sem ataque ácido, com a finalidade de comparação de resultados.

Cada amostra foi colocada num recipiente, onde foram adicionados cerca de 150 mL de água destilada e 1 g de pirofosfato de sódio - que funciona como antifloculante, impedindo a formação de aglutinados de partículas argilosas e siltosas - e permaneceram por cerca de 5 minutos em um agitador elétrico para que a solução fosse homogeneizada. O material foi, então, transportado a um almofariz, onde foi seguidamente desagregado com um pistilo de borracha juntamente com adição de água, sendo a solução despejada numa proveta de 1.000 ml. Ao final, o material residual é todo despejado na proveta, completando o volume máximo de 1.000 ml.

As amostras passaram por um ensaio de pipetagem para dosagem de silte-argila total (partículas entre 0,062 - 0,004 mm de diâmetro) sendo posteriormente elutriadas através de fluxo ascendente em um funil liso, para que o sobrenadante pelítico pudesse ser eliminado. O resíduo dessa elutriação, então, foi submetido a peneiramento via seca, através de vibração mecânica em um conjunto de peneiras com diferentes aberturas de malha, desde os intervalos de 0,062 mm (limite entre silte e areia) e 4,000 mm (limite entre grânulo e seixo).

#### **4.5 Peneiramento via úmida e separação de minerais finos e pesados**

A realização das etapas posteriores de determinação química e mineralógica da fase sólida enfocou as análises nas frações finas (<0,020mm) e de minerais pesados, de onde estimou-se a necessidade de obtenção de cerca de 20 g de finos e 12 g de minerais pesados de cada amostra para a realização das análises.

Para obtenção de tal quantidade, seria realizada a desagregação das amostras com aproximadamente 700 g, seguida de maceração, adição de água destilada para a amostra ficar em solução, decantação, sifonagem, peneiramento via úmida, e então centrifugação para a separação da fração de finos, no Laboratório de Sedimentologia do IGc-USP. Devido a dificuldades encontradas na realização desse método, optou-se pela realização do serviço no Laboratório de Caracterização Tecnológica do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo - Escola Politécnica da USP.

Para que se pudesse atingir a quantidade desejada de finos, foi estabelecido como padrão a quantidade de mais ou menos 1 kg de amostra total, previamente desagregada. Utilizou-se o método de peneiramento via úmida com uma peneira de 635 *mesh* (20  $\mu\text{m}$ ) e então o material foi separado em duas frações: fina - o que passou pela peneira (<635 *mesh*) e grossa - o que ficou retido na peneira (>635 *mesh*).

Com o material retido foi executada a separação de minerais pesados, através de uma centrifugação durante 6 minutos com uma velocidade de 120 RPM e separação por densidade através de bromofórmio, em flutuado e afundado (minerais pesados).

## **4.6 Análises Mineralógicas**

### **4.6.1 Microscopia Óptica**

Foram encaminhadas as 12 amostras para preparação e execução das lâminas petrográficas no Laboratório de Caracterização Tecnológica do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo - Escola Politécnica da USP. No entanto, apenas 8 amostras puderam ser laminadas integralmente, pois 4 delas apresentaram problemas de impregnação.

O método compreende em selecionar uma parte da amostra, recortá-la numa forma cúbica e mergulhá-las numa mistura de 100 mL de araldite, 20 mL de endurecedor e 15 mL de acetona comercial, para impregnação. Em seguida, foram deixadas num ressecador para eliminação da umidade e penetração total da mistura na amostra. Após, foram colocadas em uma estufa a 30°C, por 24 horas, e realiza a confecção da lâmina, seguida de desgaste para nivelamento de espessura e polimento.

Foram feitas estimativas modais dos componentes (arcabouço, matriz, cimento, poros), detalhando-os, segundo mineralogia, textura. Foram definidas a maturidade mineralógica, textural e classificação petrográfica.

Foram selecionadas também 7 amostras para se realizarem lâminas contendo apenas minerais pesados, previamente separados.

As amostras foram analisadas no Laboratório de Microscopia Óptica do IGc-USP, onde utilizou-se o Microscópio Óptico Axioplan da Zeiss, com luz transmitida.

#### **4.6.2 Análises por Difração de Raios X**

Para a análise por Difração de Raios X foram primeiramente confeccionadas lâminas contendo apenas a fração fina das 12 amostras previamente selecionadas, no intuito de identificar o tipo de argila e foram encaminhados ao Laboratório de Difração de Raios X do IGc-USP.

Posteriormente, foram selecionadas também 7 amostras para que se confeccionassem lâminas somente com minerais pesados, no intuito de suas respectivas identificações e de tentativa de identificação de minerais portadores de cromo.

O difratômetro utilizado (Siemens-Bruker, modelo D5000) contém tubos de raios X de cobre e apresentava condições de operação de 40kV e 40  $\mu$ A e varredura  $2\theta$  variando de  $3^\circ$  a  $65^\circ$ , com  $0,05^\circ$  num tempo de 2 segundos. O princípio de funcionamento do equipamento relaciona-se com a emissão de feixes de raios X através de um tubo até o difratômetro, onde se encontra a amostra analisada. Os raios X são difratados de forma diferente em função de cada espécie mineral; os raios difratados passam por um detetor, sendo posteriormente amplificados e depois lidos. A identificação dos minerais foi realizada através do programa DIFFRAC-plus e pela comparação com o Powder Diffraction File-PDF do ICDD (1995).

### **4.7 Análises Químicas**

#### **4.7.1 Análises Químicas Fluorescência de Raios X**

Nesta etapa estavam previstas análises pelo método de ICP-AES/Plasma, mas foi optado por substituir-se pelo método de Fluorescência de Raios X por abranger uma maior quantidade de parâmetros e possuir um limite de detecção menor, fazendo com que os dados sejam mais exatos.

Foram realizados dois tipos de análises, uma com as amostras brutas, que foram preparadas através de processos como desagregação, quarteamento e moagem no Laboratório de tratamento de Amostras e encaminhadas ao Laboratório de FRX do IGc-USP, e outra somente com a fração fina anteriormente separada. Estas atividades foram realizadas em conjunto com Débora Buchrieser, que realizou projeto de extração sequencial das mesmas amostras (TF-2006/14).

O método utilizado compreendeu a colocação de amostras em uma estufa a  $40^\circ\text{C}$  por 24 horas, sendo em seguida moídas em moinho de anéis em uma panela de carbetto de tungstênio durante três minutos. Em seguida, pesou-se 12 g de cada amostra, sendo então colocadas em um recipiente com pastilhas de ágata preenchido com álcool e deixado

durante 30 minutos no micronizador. As amostras foram posteriormente retiradas e colocadas em estufa a 70°C em placas de Petri por 20 horas, sendo então dessecadas por meia hora. Misturou-se manualmente 7,5 g de cada amostra com 1,5 g de parafina micropulverizada, pesados em uma balança eletrônica de precisão. A mistura homogênea foi prensada em uma prensa por 60 segundos sob pressão de 30 toneladas. As pastilhas resultantes foram identificadas e foram analisadas pelo Espectrômetro de FRX PHILIPS, modelo PW 2400.

#### **4.7.2 Microscopia de Varredura Eletrônica – MEV**

Na tentativa de uma investigação melhor da composição química de alguns minerais e de detecção de minerais contendo cromo, foram selecionadas inicialmente 4 amostras, provenientes das lâminas obtidas para análise microscópica, que foram recobertas por carbono, para análise pelo Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), utilizando-se também de microanálise pontual de energia dispersiva acoplada (MEV/EDS).

Foi realizada uma sessão de MEV com a amostra PM 03 – 16. O MEV utilizado foi o Leo 440i da OXFORD, do IGc-USP, composto por detector de elétrons secundários (morfologia dos grãos), detector de elétrons retroespalhados (contraste dos grãos), catodoluminescência e espectrômetro de energia dispersiva EDS (Energy Dispersive Systems).

No MEV, os átomos das amostras, quando atingidos pelo feixe eletrônico, ionizam-se e ejetam elétrons de suas camadas internas. Assim, para recuperar a estabilidade, os elétrons de outras camadas substituem as vacâncias geradas, e emitem quantias específicas de energia, cuja medida permite identificar os elementos presentes no material analisado.

## **5 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO**

O projeto não apresentou modificações substanciais em relação ao proposto inicialmente. Apenas foi substituída a Análise Química de ICP/Plasma por Fluorescência de Raios X, por ser mais vantajoso, por abranger uma maior quantidade de parâmetros e possuir um limite de detecção menor, fazendo com que os dados sejam mais exatos.

Em relação ao cronograma, o projeto apresentou algumas dificuldades (explicadas no tópico 5.1, abaixo), mas que foram contornadas, e, de forma geral, não acarretaram em grandes atrasos no andamento no projeto pois foram compensados pelo bom andamento das outras atividades.

### **5.1 Dificuldades encontradas**

#### **5.1.1 Análises Granulométricas**

As análises granulométricas tiveram uma demanda de tempo maior que o previsto no cronograma inicial, por problemas encontrados desde a preparação das amostras que apresentaram problemas de floculação, tendo que cada uma ficar em tempo de espera de até 1 semana, sendo realizadas diversas trocas de água nesse período, impedindo que pudessem ser realizados os procedimentos posteriores (como pipetagem, peneiramento, etc.).

Algumas das análises granulométricas não apresentaram resultados satisfatórios em relação a margem de erros esperada ( $\pm 5\%$  de fator de correção) devido provavelmente ao problema de floculação de partículas presenciado, induzindo ao erro na análise final.

#### **5.1.2 Peneiramento via úmida e separação de minerais finos e pesados**

O processo de separação de minerais finos e pesados no Laboratório de Sedimentologia do IGc-USP, previsto, inicialmente, para ser realizado por desagregação das amostras com aproximadamente 700 g, seguida de maceração, adição de água destilada para a amostra ficar em solução, decantação, sifonagem, peneiramento via úmida, e então centrifugação para a separação da fração de finos, mostrou-se inviável, já que as amostras, no geral, apresentam-se muito arenosas e com pouca quantidade de finos e pesados, e apresentaram novamente problemas de floculação de grãos. Era necessário se trabalhar com uma quantidade muito grande de amostra bruta, os equipamentos não comportavam tamanho volume de amostra, sendo necessária a realização de várias etapas em cada processo (por exemplo, na centrifugação, onde o volume máximo por cada processo de

centrifugação, que demorava cerca de 20 minutos, era de aproximadamente 280 ml, e se trabalhava com um volume inicial de cerca de 1300 ml). Ainda assim, a quantidade final obtida de finos em todo esse processo era muito pequena (cerca de 3g), sendo necessária a realização novamente de todo o processo até se atingir a quantidade desejada, o que levaria a uma demanda de tempo muito grande. Foram gastos cerca de 3 dias inteiros na tentativa de realização dessa tarefa, com apenas duas amostras e mesmo assim o objetivo de se atingir 20 g não havia sido realizado. Percebeu-se então que seria inviável, tanto pelo método traçado quanto pelo tempo gasto, que a separação de finos e pesados ocorresse no Laboratório de Sedimentologia do IGc-USP. Optou-se, então, por contratar o serviço do Laboratório de Caracterização Tecnológica do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo - Escola Politécnica da USP, para a execução de tal atividade.

### **5.1.3 Preparação de lâminas**

De 12 amostras encaminhadas para a laminação, apenas 8 delas puderam ser integralmente laminadas, pois 4 delas apresentaram problemas de impregnação.

Apesar de terem sido tentado todos os métodos de impregnação com resina, essas 4 amostras quando iam para o desgaste para que fossem polidas, acabavam sendo desintegradas e não adquiriam fixação na lâmina.

### **5.1.4 MEV**

Pensava-se que as análises do MEV seriam muito esclarecedoras em relação à descrição dos principais minerais portadores de cromo. Porém, observou-se que MEV não foi muito efetivo para tal objetivo por possuir um limite de detecção muito alto (5.000 ppm), dificultando a análise detalhada de cromo, já que se trabalhava em quantidades cerca de 10 vezes menores que o limite de detecção.

## 5.2 Cronograma das atividades efetivamente realizadas

Atividades	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
Levantamento Bibliográfico										
Análises macroscópicas										
Análise granulométricas										
Projeto Inicial TF										
Separação de finos e pesados										
Impregnação rocha										
Preparação Lâmina DRX										
Fluorescência de Raios X										
preparação										
análise										
Lâminas petrográficas										
Difração de Raio X										
Relatório de progresso TF										
Microscopia Óptica										
Lâminas recobertas com C p/ MEV										
MEV										
Interpretação resultados										
Redação Monografia										

## **6 RESULTADOS OBTIDOS**

### **6.1 Análises macroscópicas**

As análises macroscópicas realizadas (anexo 1) indicam que as amostras, de uma forma geral, são de cor marrom avermelhada (indicando a presença de óxidos de ferro), granulometria predominante na faixa de areia fina (variando desde muito fina até média), moderadamente selecionada, maciças, em grande parte apresentando cimentação carbonática (disperso ou como concreções), e mineralogia largamente predominante de quartzo, seguida de feldspato, opacos e, no poço PM-03, piroxênio.

Analisando-se critérios como cor, granulometria, mineralogia, presença maior ou menor de cimentação carbonática, presença de anfibólio/piroxênio, intraclastos de argila, grânulos, profundidade, as amostras podem ser selecionadas em fácies:

#### **POÇO PM-01/02**

Fácies A: compreende profundidade entre 9 e 24 metros, coloração marrom avermelhada, granulometria areia muito fina, bem selecionada, mineralogia de quartzo, feldspato e opacos, e sem presença de cimentação carbonática.

Fácies B: compreende profundidade entre 24 e 45 m, coloração marrom a marrom avermelhada, granulometria areia fina (variando de muito fina até média), moderadamente selecionada, com quartzo, feldspato, opacos e cimentação carbonática em concreções, sendo que aparecem alguns veios de calcita com ligeira orientação.

Fácies C: compreende profundidade entre 45 e 50 m, coloração vermelho arroxeadado, granulometria areia fina com presença de grânulos e seixos, moderadamente selecionada, mineralogia de quartzo, feldspato, opacos e intraclastos de argila, e cimentação carbonática dispersa.

Fácies D: compreende profundidade entre 50 e 70 m, coloração marrom arroxeadado, granulometria areia fina a média, moderadamente selecionada, com quartzo, feldspato, opacos, biotita e cimentação carbonática pouca ou ausente.

Fácies E: compreende profundidade entre 70 e 100 m, coloração marrom avermelhada, granulometria areia muito fina a fina, moderadamente selecionada, com quartzo, feldspato, opacos, e cimentação carbonática dispersa ou como concreções.

### **Poço PM-03**

Fácies A: compreende profundidade entre 20 e 30 metros, coloração marrom arroxeada, granulometria areia muito fina, moderadamente selecionada, mineralogia de quartzo, feldspato e opacos, e sem presença de cimentação carbonática.

Fácies B: compreende profundidade entre 30 e 50 m, coloração marrom a marrom arroxeada com textura mosqueada, granulometria areia fina, moderadamente a bem selecionada, com quartzo, feldspato, opacos, e piroxênio em abundância, cimentação carbonática dispersa e em concreções (bastante).

Fácies C: compreende profundidade entre 50 e 70 m, coloração marrom a marrom arroxeada com textura mosqueada, granulometria areia fina, moderadamente selecionada, com quartzo, feldspato, opacos, às vezes aparecendo intraclastos de argila, e cimentação carbonática em concreções.

Fácies D: compreende profundidade entre 70 e 100 m, coloração marrom arroxeada com partes marrons, granulometria areia muito fina a fina (variando até média), moderadamente selecionada, com quartzo, feldspato, opacos, e cimentação carbonática em pequenas concreções ou ausente.

Pôde-se observar que as amostras mais superficiais não apresentavam cimentação carbonática e possuíam granulação mais fina que o restante. Em algumas das amostras dos dois poços, foi detectada a presença de intraclastos de argila. Em amostras do poço PM-03 foram vistos, em abundância, a presença de anfibólio ou piroxênio. Excepcionalmente na amostra PM-01/02 9, detectou-se grande quantidade de grânulos e seixos.

Apesar das fácies terem sido definidas separadamente para cada poço, elas são correlacionáveis entre si, já que apresentam poucas diferenças, com exceção da fácies C do poço PM-03, que é exclusiva por apresentar grânulos e seixos.

## **6.2 Análises Granulométricas**

A partir dos resultados das análises granulométricas, apresentadas no anexo 2, foram realizados gráficos para visualização da distribuição da granulometria com a profundidade (figuras 3 e 4)

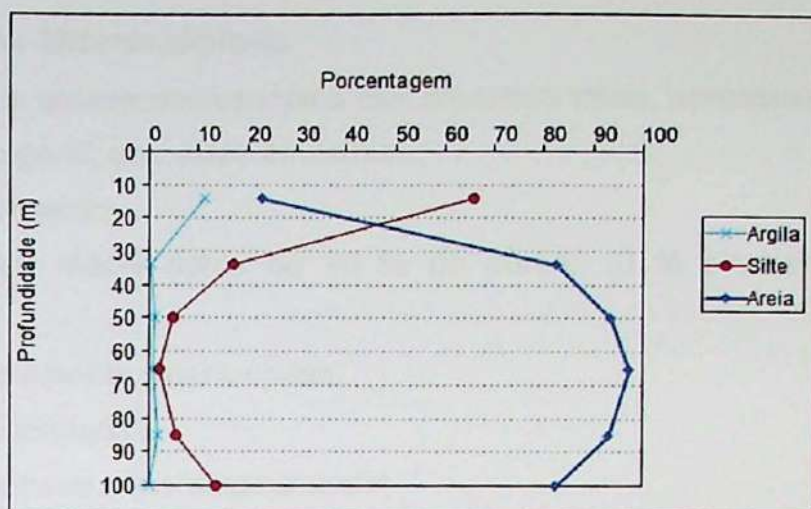


Figura 3 – Distribuição da granulometria em função da profundidade do poço PM-01/02

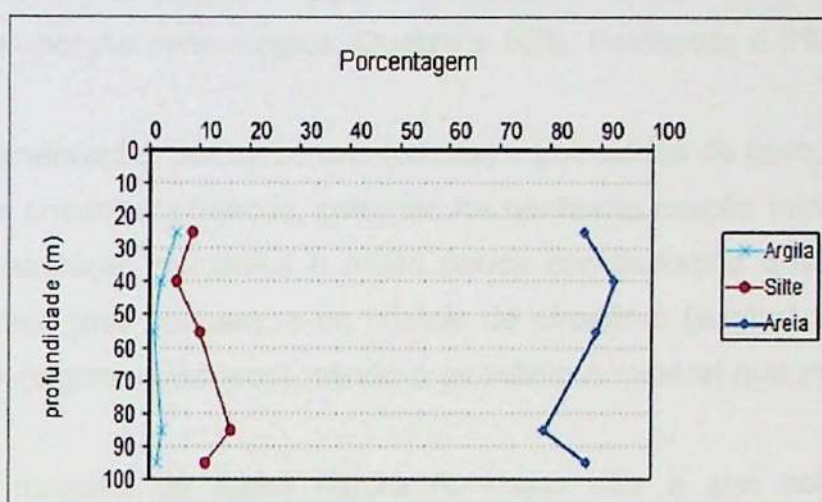


Figura 4 - Distribuição da granulometria em função da profundidade do poço PM-03

Pela análise dos gráficos, pode-se perceber que a fração predominante nos dois poços é a areia. No poço PM-01/02, a porção mais rasa (15m), apresenta valores mais elevados de fração argila em relação às outras profundidades, chegando até 11%. Nessa porção, destaca-se a elevada quantidade de silte, predominante sobre a areia, provavelmente por se tratar de uma zona mais intemperizada. Entretanto, observa-se que com a profundidade, essa relação se inverte e estabiliza, com predomínio de areia, com cerca de 90% da quantidade, seguida de silte, com valores de 5 a 10 %, e pouca quantidade de argila, muitas vezes menor que 1%.

O poço PM-03 apresenta resultados semelhantes, porém, mesmo em sua porção mais rasa, já há o predomínio de areia sobre silte e argila. A quantidade de argila é maior nessa porção em relação às outras profundidades, assim como acontece no poço PM-01/02. A proporção média, fica em torno de 85-90% de areia, 5-15% de silte e argila entre 1 e 2%.

### 6.3 Análises Microscópicas

Foi realizada a análise microscópica das amostras totais, apresentadas no anexo 5, e conclui-se, no geral, que estas amostras:

- Não contém matriz;
- Possuem em média cerca de 10 % de poros, 10 % cimento e 80 % de arcabouço;
- São moderadamente selecionadas;
- São subarredondadas;
- São supermaturas mineralogicamente;
- São submaturas texturalmente;
- Não possuem orientação, imbricação ou empacotamento;
- Possuem proporção mineralógica: Quatzo  $\pm$  80%, Feldspato  $\pm$  5%, Pesados: de 10 a 20%;
- Possuem cimentação: por carbonato (calcita) e por óxidos de ferro.

As rochas se encontram frescas, pois não há nenhuma reação mineralógica, não há sinal de compactação mecânica e muito pouca compactação química (somente tangencial e planas, mas poucas), e os cristais de piroxênio (augita) apresentam-se bem preservados (alguns euédricos), sendo o piroxênio o mineral que mais facilmente se altera.

As porções marrons da rocha (figura 5) - que dão a sua coloração - são compostas de argila (esmectita, detectada por Difração de Raios X) e óxidos de ferro. Essa esmectita só ocorre "capeando" os grãos (em sua borda), não ocorrendo intersticialmente.

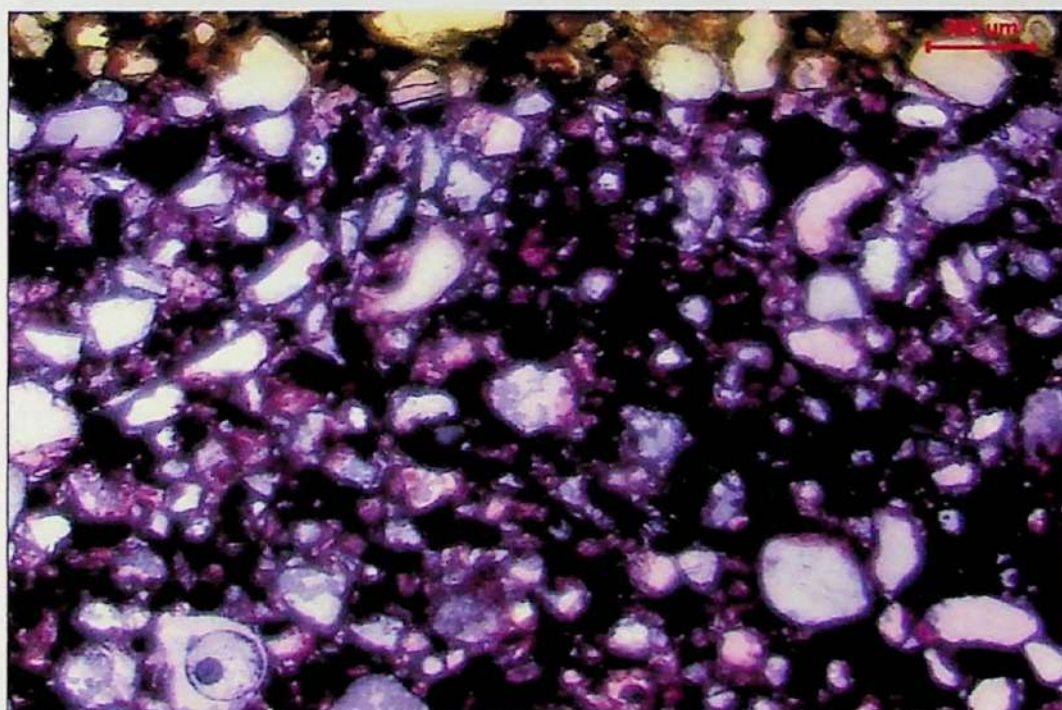


Figura 5 – Exemplo das "capas" de argila contendo óxido de ferro na lâmina PM-03 14

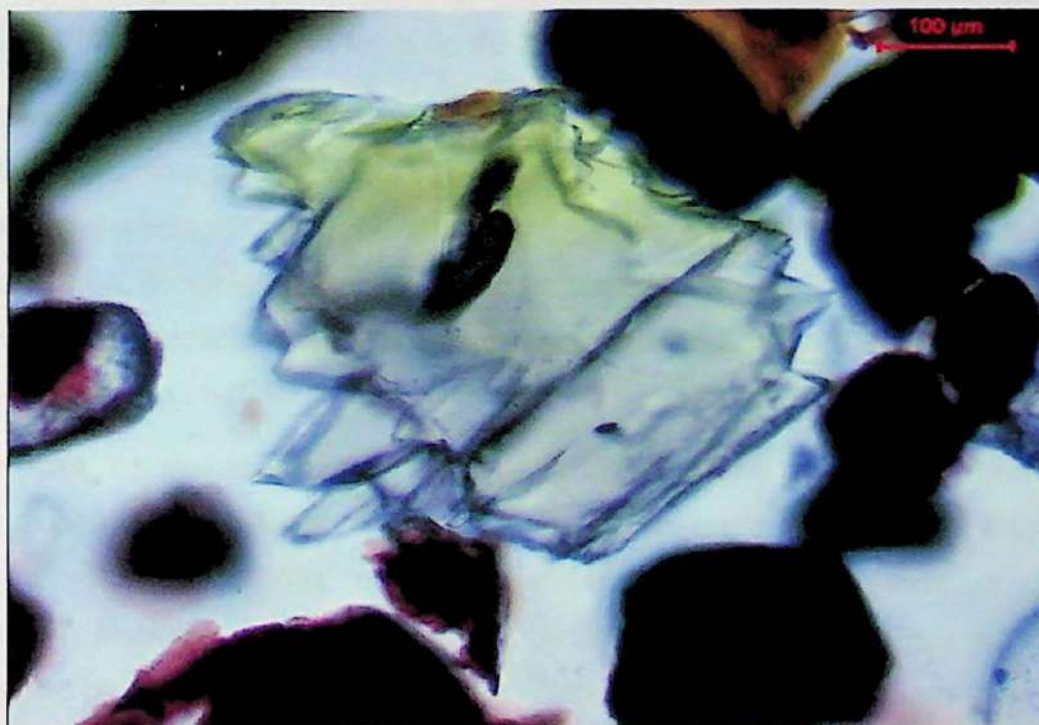
Foram realizados estudos com 7 lâminas, envolvendo apenas os minerais pesados, previamente selecionados, na tentativa de reconhecimento dos mesmos.

Os dados são apresentados na Tabela 1 abaixo:

*Tabela 1 – Minerais pesados identificados (em ordem de abundância)*

Lâmina	Minerais presentes (em ordem crescente de abundância)
PM-01/02 6 (34-35 m)	cianita, granada, opacos, augita
PM-01/02 16 (84-85 m)	cianita, granada, opacos, augita
PM-03 2 (24-25 m)	opacos, granada, augita
PM-03 5 (39-40 m)	augita, granada, cianita, opacos, titanita, hornblenda
PM-03 8 (54-55 m)	augita, cianita, granada, opacos
PM-03 11 (69-70 m)	cianita, granada, augita, opacos, titanita, zircão, hornblenda
PM-03 16 (94-95 m)	cianita, augita, granada, opacos, titanita, tumalina

Notou-se que, nas lâminas de profundidade intermediária, a augita apresentava uma forma de “espinhos” em suas bordas, conforme figura 6, indicando que o cristal foi consumido, ou seja, houve reação química nesse mineral. Essa reação pode ser indicativa de passagem do cromo para a água, já que Mason (1971) levanta a possibilidade de existência de cromo em augitas, a ser confirmada no MEV.



*Figura 6 – Cristal de augita com borda de reação na lâmina PM-03 11 (69-70 m)*

#### 6.4 Análises Químicas Fluorescência de Raios X

Foram realizadas análises químicas por Fluorescência de Raios X com as amostras totais, e foram selecionadas 7, duas do poço PM-01/02 e cinco do poço PM-03, para análises somente da fração fina. Os resultados encontram-se no Anexo 3.

A figura 7 apresenta a distribuição das concentrações de cromo em profundidade.

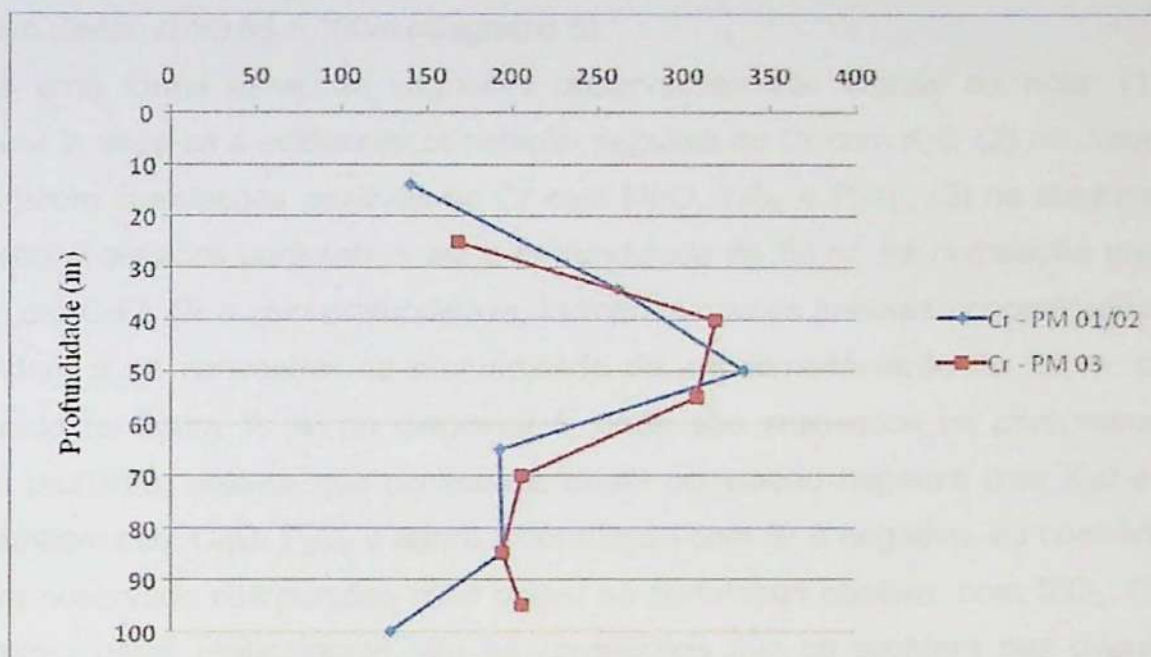


Figura 7 – Distribuição das concentrações de cromo na rocha (ppm) em profundidade (m)

Pela análise do gráfico, percebe-se que as maiores quantidades de Cromo se encontram nas profundidades na faixa de 40 a 60 m.

As quantidades apresentadas de cromo ultrapassam os valores de alerta estabelecidos para solo pela CETESB (2001), que são de 75 ppm, e se aproximam, e às vezes até ultrapassam, do valor de intervenção, que é de 300 ppm. Trata-se então, no caso de Urânia, de uma anomalia, já que no Estado de São Paulo são observados valores médios de concentração de cromo em solos de 26,3 ppm, mínimos de 2,2 ppm e máximos de 172,5 ppm (CETESB, 2001)

Em seguida, os dados foram tratados por meio de correlação em diagramas de Pearson, que permitem avaliar o comportamento relativo entre os diferentes elementos analisados e suas correlações, onde os valores próximos a -1 indicam que os parâmetros são inversamente proporcionais, valores próximos a +1 indicam que os parâmetros são diretamente proporcionais, e valores próximos a 0 indicam que não há correlação entre os parâmetros analisados.

Primeiramente, foi feito o diagrama de Pearson, com as amostras totais. Foi enfatizada a relação do cromo com os outros elementos (Diagrama 1).

Como pela análise total não foram observadas correlações significantes, apenas correlações negativas com  $K_2O$  e  $Cu$ , foram realizados outros diagramas enfatizando apenas o poço PM 01/02 (diagrama 2), apenas o poço PM 03 (diagrama 3), diagramas que agrupam dados até a profundidade de 55 m (diagrama 4) e diagramas que agrupam dados entre 55 e 100m (diagrama 5).

De uma forma geral, as seguintes observações são dignas de nota: (1) no diagrama 2, volta-se a evidenciar correlação negativa do  $Cr$  com  $K_2O$ ; (2) no diagrama 3, aparecem correlações positivas do  $Cr$  com  $MnO$ ,  $TiO_2$  e  $P_2O_5$ ; (3) no diagrama 4, onde são analisados parâmetros até a profundidade de 55 m, há correlação positiva do  $Cr$  com  $CaO$ ,  $Sr$  e com profundidade, indicando que as maiores concentrações de  $Cr$  tendem a se concentrar na profundidade de aproximadamente de 50 m, como observado na figura 7; (4) no diagrama 5, onde são analisados os parâmetros da porção profunda, nota-se que continua a existir correlação negativa com  $K_2O$  e  $Cu$ , mas também com  $CaO$ ,  $P_2O_5$  e agora a correlação com  $Sr$  é negativa, ao contrário do que era observado nas porções mais rasas; há correlação positiva, com  $SiO_2$ ; (5) de uma forma geral, praticamente não há correlações que se repetem nos diferentes diagramas; e (6) não há uma correlação clara entre composição química e uma faixa granulométrica típica.

Diagrama 1 – Diagrama de correlação de Pearson com dados de Fluorescência de Raios-X das amostras totais dos poços PM-01/02 e PM/03

PEARSON		Al2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	Fe2O3	Loi	Ba	Co	Cr	Cu	F	Ni	Rb	Sr	V	Zn	Zr	AS	ARE	Prof.
SO2	1,00	-0,19	-0,35	-0,79	-0,86	-0,16	-0,82	-0,22	-0,85	-0,56	-0,95	0,13	0,56	0,17	-0,83	-0,61	-0,48	-0,09	-0,80	-0,37	-0,53	0,06	-0,20	0,33	-0,18
Al2O3		1,00	-0,16	0,12	-0,31	0,13	0,42	0,38	0,17	0,74	-0,05	0,67	-0,49	-0,39	0,50	0,15	0,70	0,99	-0,23	0,09	0,90	0,44	0,91	-0,89	-0,43
MnO			1,00	0,21	0,40	-0,10	0,14	0,49	0,30	0,29	0,33	0,20	-0,15	0,46	0,04	0,04	0,02	-0,24	0,29	0,29	0,10	0,26	-0,30	0,28	-0,21
MgO				1,00	0,63	0,12	0,58	0,42	0,69	0,57	0,68	-0,08	-0,62	0,06	0,65	0,88	0,47	0,03	0,71	0,56	0,45	0,24	0,22	-0,32	0,25
CaO					1,00	0,13	0,57	-0,06	0,76	0,12	0,94	-0,49	-0,25	0,00	0,54	0,43	0,10	-0,41	0,85	0,25	0,04	-0,37	-0,29	0,16	0,38
Na2O						1,00	0,26	-0,25	0,45	-0,13	0,05	0,25	-0,02	-0,18	0,22	0,15	-0,10	0,05	0,21	0,25	0,03	-0,18	-0,13	0,12	0,45
K2O							1,00	0,01	0,58	0,46	0,77	0,05	-0,55	-0,85	0,97	0,61	0,32	0,36	0,65	0,23	0,59	-0,15	0,40	-0,51	0,21
TiO2								1,00	0,16	0,77	0,02	0,55	-0,43	0,52	0,06	0,24	0,51	0,32	0,05	0,55	0,55	0,90	0,37	-0,35	-0,40
P2O5									1,00	0,48	0,73	0,02	-0,34	0,04	0,62	0,39	0,53	0,03	0,64	0,39	0,47	-0,11	0,03	-0,13	0,14
Fe2O3										1,00	0,31	0,52	-0,58	0,06	0,56	0,38	0,89	0,67	0,14	0,35	0,94	0,61	0,72	-0,74	-0,48
Loi											1,00	-0,40	-0,41	-0,22	0,75	0,53	0,26	-0,13	0,83	0,21	0,28	-0,29	0,01	-0,15	0,27
Ba												1,00	-0,17	0,05	0,06	-0,13	0,33	0,62	-0,25	0,38	0,55	0,65	0,42	-0,35	-0,33
Co													1,00	0,21	-0,53	-0,64	-0,34	-0,47	-0,38	-0,57	-0,61	-0,44	-0,54	0,60	-0,12
Cr														1,00	-0,61	-0,21	0,05	-0,44	-0,12	0,25	-0,24	0,44	-0,42	0,47	-0,21
Cu															1,00	0,66	0,50	0,44	0,60	0,19	0,67	-0,11	0,52	-0,63	0,13
F																1,00	0,24	0,11	0,59	0,41	0,35	0,17	0,32	-0,40	0,34
Ni																	1,00	0,63	0,00	0,07	0,86	0,35	0,70	-0,72	-0,53
Rb																		1,00	-0,31	0,01	0,84	0,42	0,93	-0,90	-0,43
Sr																			1,00	0,58	0,06	-0,14	-0,18	0,05	0,65
V																				1,00	0,23	0,59	0,02	-0,06	0,46
Zn																					1,00	0,45	0,83	-0,85	-0,45
Zr																						1,00	0,43	-0,37	-0,27
AS																							1,00	-0,99	-0,37
ARE																								1,00	0,31
Prof.																									1,00

\*\*Correlação aceitável se valor <0,57 e >0,57

Loi = perda ao fogo AS = argila + silte ARE = areia Prof. = profundidade

Bendat, J.S. & Pierson, A.G. - 1971 - Random data: analysis and measurement procedures. Wiley Interscience, 406 p.

Diagrama 2 – Diagrama de correlação de Pearson com dados de Fluorescência de Raios-X das amostras do poço PM-01/02

PEARSON		Al2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	Fe2O3	Loi	Ba	Co	Cr	Cu	F	Ni	Rb	Sr	V	Zn	Zr	AS	ARE	Prof.
SiO2	1,00	-0,08	-0,42	-0,87	-0,86	0,27	-0,84	-0,18	-0,90	-0,50	-0,98	0,37	0,58	0,38	-0,88	-0,78	-0,42	-0,02	-0,87	-0,82	-0,43	0,21	-0,22	0,37	-0,25
Al2O3		1,00	-0,23	-0,18	-0,43	-0,09	0,33	0,51	-0,04	0,76	-0,13	0,87	-0,57	-0,49	0,41	-0,18	0,68	1,00	-0,37	-0,08	0,90	0,61	0,98	-0,95	-0,68
MnO			1,00	0,58	0,45	-0,59	0,42	0,21	0,08	0,16	0,47	-0,31	-0,63	-0,11	0,33	0,76	-0,14	-0,22	0,45	0,61	0,05	0,04	-0,13	0,05	0,05
MgO				1,00	0,84	-0,50	0,56	0,40	0,75	0,44	0,86	-0,54	-0,47	0,03	0,60	0,85	0,33	-0,23	0,78	0,96	0,25	-0,02	-0,01	-0,12	0,15
CaO					1,00	-0,15	0,58	-0,15	0,85	0,04	0,94	-0,78	-0,20	-0,12	0,59	0,75	0,03	-0,49	0,97	0,73	-0,08	-0,55	-0,30	0,15	0,60
Na2O						1,00	0,02	-0,69	-0,15	-0,59	-0,18	0,11	0,61	-0,41	-0,04	-0,25	-0,53	-0,09	0,00	-0,43	-0,39	-0,52	-0,24	0,26	0,59
K2O							1,00	0,08	0,58	0,45	0,79	0,02	-0,68	-0,81	0,98	0,76	0,22	0,29	0,71	0,64	0,52	-0,16	0,40	-0,52	0,24
TiO2								1,00	0,03	0,83	0,01	0,38	-0,56	0,23	0,15	0,20	0,71	0,50	-0,23	0,48	0,71	0,91	0,60	-0,59	-0,81
P2O5									1,00	0,37	0,89	-0,51	-0,26	-0,15	0,68	0,50	0,47	-0,11	0,80	0,62	0,27	-0,36	0,10	-0,23	0,32
Fe2O3										1,00	0,30	0,43	-0,79	-0,18	0,56	0,25	0,91	0,73	0,01	0,48	0,96	0,67	0,86	-0,90	-0,69
Loi											1,00	-0,54	-0,45	-0,35	0,82	0,82	0,23	-0,18	0,96	0,80	0,22	-0,39	0,01	-0,16	0,44
Ba												1,00	-0,30	-0,39	0,03	-0,40	0,32	0,90	-0,68	-0,38	0,61	0,66	0,78	-0,68	-0,68
Co													1,00	0,47	-0,70	-0,54	-0,53	-0,56	-0,23	-0,53	-0,79	-0,41	-0,67	0,74	0,43
Cr														1,00	-0,75	-0,33	0,03	-0,48	-0,32	-0,09	-0,41	0,22	-0,45	0,50	-0,23
Cu															1,00	0,70	0,38	0,36	0,69	0,65	0,61	-0,11	0,49	-0,61	0,16
F																1,00	-0,03	-0,21	0,81	0,92	0,16	-0,12	-0,07	-0,06	0,33
Ni																	1,00	0,65	-0,06	0,28	0,85	0,56	0,79	-0,81	-0,67
Rb																		1,00	-0,42	-0,13	0,88	0,63	0,97	-0,93	-0,70
Sr																			1,00	0,72	-0,06	-0,60	-0,26	0,11	0,68
V																				1,00	0,32	0,10	0,07	-0,19	0,10
Zn																					1,00	0,63	0,96	-0,98	-0,66
Zr																						1,00	0,63	-0,56	-0,93
AS																							1,00	-0,99	-0,70
ARE																								1,00	0,62
Prof.																									1,00

Loi = perda ao fogo AS = argila + silte ARE = areia Prof = profundidade

Bendat, J.S. & Pierson, A.G. - 1971 - Random data: analysis and measurement procedures. Wiley Interscience, 406 p.

\*\*Correlação aceitável se valor <0,81 e > 0,81

Diagrama 3 – Diagrama de correlação de Pearson com dados de Fluorescência de Raios-X das amostras do poço PM-03

PEARSON		Al2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	Fe2O3	Loi	Ba	Co	Cr	Cu	F	Ni	Rb	Sr	V	Zn	Zr	AS	ARE	Prof.
SiO2	1,00	-0,44	-0,60	-0,70	-0,73	-0,70	-0,32	-0,83	-0,81	-0,71	-0,73	-0,36	0,66	-0,77	-0,18	-0,50	-0,37	-0,15	-0,68	-0,61	-0,62	-0,84	-0,12	0,12	-0,22
Al2O3		1,00	-0,18	0,94	-0,29	0,46	0,95	0,52	0,32	0,72	-0,12	0,40	-0,52	0,07	0,92	0,91	0,71	0,89	0,58	0,51	0,87	0,70	0,79	-0,78	0,40
MnO			1,00	0,01	0,73	0,35	-0,43	0,70	0,79	0,53	0,48	0,54	0,10	0,96	-0,41	-0,29	0,25	-0,57	0,22	0,25	0,29	0,44	-0,58	0,60	-0,41
MgO				1,00	0,04	0,61	0,88	0,67	0,50	0,77	0,19	0,39	-0,72	0,27	0,78	0,92	0,61	0,78	0,73	0,64	0,87	0,84	0,70	-0,69	0,47
CaO					1,00	0,42	-0,35	0,45	0,60	0,17	0,88	0,04	-0,33	0,73	-0,49	-0,14	-0,16	-0,50	0,29	0,27	-0,03	0,35	-0,45	0,44	-0,01
Na2O						1,00	0,45	0,61	0,82	0,50	0,19	0,60	-0,54	0,53	0,17	0,33	0,17	0,18	0,91	0,89	0,47	0,84	-0,05	0,05	0,67
K2O							1,00	0,28	0,13	0,47	-0,15	0,19	-0,61	-0,18	0,91	0,92	0,49	0,96	0,57	0,49	0,67	0,57	0,85	-0,84	0,62
TiO2								1,00	0,89	0,93	0,34	0,76	-0,43	0,84	0,20	0,38	0,55	0,11	0,69	0,67	0,84	0,91	0,05	-0,04	0,01
P2O5									1,00	0,75	0,34	0,79	-0,34	0,90	-0,02	0,15	0,35	-0,12	0,75	0,76	0,62	0,87	-0,26	0,27	0,16
Fe2O3										1,00	0,17	0,73	-0,31	0,70	0,50	0,56	0,81	0,36	0,56	0,52	0,96	0,84	0,30	-0,28	-0,07
Loi											1,00	-0,28	-0,45	0,52	-0,21	0,17	-0,03	-0,19	0,12	0,05	0,03	0,25	-0,05	0,04	-0,07
Ba												1,00	-0,04	0,63	0,11	0,05	0,43	0,00	0,64	0,69	0,67	0,73	-0,20	0,22	0,07
Co													1,00	-0,11	-0,30	-0,68	0,07	-0,48	-0,74	-0,68	-0,39	-0,65	-0,45	0,49	-0,69
Cr														1,00	-0,21	-0,04	0,37	-0,35	0,43	0,43	0,49	0,66	-0,39	0,41	-0,23
Cu															1,00	0,89	0,72	0,96	0,25	0,16	0,68	0,37	0,91	-0,89	0,27
F																1,00	0,57	0,92	0,47	0,36	0,71	0,57	0,91	-0,91	0,43
Ni																	1,00	0,51	0,12	0,05	0,82	0,46	0,50	-0,45	-0,28
Rb																		1,00	0,32	0,23	0,58	0,35	0,96	-0,95	0,46
Sr																			1,00	0,99	0,59	0,91	0,12	-0,13	0,72
V																				1,00	0,54	0,88	0,01	-0,03	0,69
Zn																					1,00	0,83	0,51	-0,48	0,07
Zr																						1,00	0,21	-0,20	0,42
AS																							1,00	-1,00	0,26
ARE																								1,00	-0,29
Prof.																									1,00

Loi = perda ao fogo AS = argila + silte ARE = areia Prof. = profundidade

Bendat, J.S. & Piersol, A.G. - 1971 - Random data: analysis and measurement procedures. Wiley Interscience, 405 p.

\*\*Correlação aceitável se valor <0,01 e >0,61

Diagrama 4 – Diagrama de correlação de Pearson com dados de Fluorescência de Raios-X das amostras mais rasas, cuja profundidade vão até 55 m.

PEARSON\	Al2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	Fe2O3	Li	Ba	Co	Cr	Cu	F	Ni	Rb	Sr	V	Zn	Zr	AS	ARE	Prof.
SiO2	1,00	-0,51	-0,16	-0,69	-0,49	-0,76	-0,41	-0,53	-0,92	-0,78	-0,77	0,84	-0,22	-0,51	-0,54	-0,80	-0,44	-0,42	-0,53	-0,65	-0,50	-0,46	0,48	-0,06
Al2O3		1,00	-0,25	0,15	-0,48	0,54	0,99	0,32	0,32	0,88	0,05	-0,76	-0,66	0,99	0,30	0,77	0,99	-0,27	0,17	0,97	0,43	0,98	-0,98	-0,66
MnO			1,00	0,32	0,43	-0,20	0,69	0,07	0,01	0,15	0,27	-0,15	0,66	-0,36	0,19	-0,40	-0,31	0,61	0,58	-0,21	0,61	-0,39	0,41	0,57
MgO				1,00	0,45	0,08	0,65	0,83	0,56	0,33	0,24	-0,68	0,50	0,16	0,89	0,48	0,06	0,57	0,76	0,37	0,62	0,05	-0,08	0,43
CaO					1,00	0,12	0,08	0,59	-0,14	0,81	-0,51	-0,03	0,81	-0,46	0,13	0,07	-0,54	0,60	0,21	-0,33	-0,07	-0,49	0,46	0,62
Na2O						1,00	0,52	0,70	0,84	0,24	0,69	-0,92	0,23	0,49	0,83	0,53	0,46	0,47	0,85	0,68	0,93	0,40	-0,41	0,16
K2O							1,00	0,33	0,83	-0,07	0,72	-0,72	-0,70	0,96	0,29	0,66	0,99	-0,33	0,15	0,94	0,46	0,96	-0,95	-0,69
TiO2								1,00	0,50	0,65	0,06	-0,70	0,39	0,24	0,68	0,20	0,23	0,63	0,93	0,43	0,99	0,14	-0,14	0,38
P2O5									1,00	0,68	0,22	-0,69	0,38	0,35	0,56	0,76	0,22	0,61	0,63	0,50	0,44	0,26	-0,29	0,31
Fe2O3										1,00	0,76	-0,93	-0,23	0,86	0,58	0,84	0,82	0,19	0,59	0,95	0,70	0,80	-0,80	-0,24
Li											1,00	-0,31	0,38	0,06	0,09	0,47	0,01	0,31	0,07	0,14	-0,03	0,07	-0,10	0,12
Ba												1,00	-0,59	-0,24	0,35	0,35	0,64	0,24	0,66	0,69	0,81	0,56	-0,55	-0,08
Co													1,00	0,06	-0,73	-0,74	-0,70	-0,16	-0,58	-0,86	-0,75	-0,67	0,68	0,20
Cr														1,00	-0,68	-0,31	-0,73	0,81	0,52	-0,51	0,25	-0,75	0,74	0,92
Cu															1,00	0,28	0,99	-0,29	0,13	0,97	0,35	0,99	-0,99	-0,67
F																1,00	0,37	0,24	0,65	0,46	0,72	0,20	-0,21	0,14
Ni																	1,00	0,73	0,05	0,85	0,24	0,78	-0,81	-0,33
Rb																		1,00	0,07	0,95	0,35	0,99	-0,99	-0,74
Sr																			1,00	0,81	-0,11	0,50	-0,39	0,38
V																				1,00	0,33	0,89	0,01	0,59
Zn																				1,00	0,52	0,94	-0,94	-0,52
Zr																				1,00	0,26	-0,25	0,24	0,76
AS																					1,00	1,00	-1,00	-0,76
ARE																						1,00	1,00	0,75
Prof.																							1,00	1,00

Li = perda ao fogo AS = argila + silte ARE = areia Prof. = profundidade

Bendat, J.S. & Piersol, A.G. - 1971 - Random data: analysis and measurement procedures. Wiley Interscience, 406 p.

\*\*Correlação aceitável se valor <0,81 e >0,81

Diagrama 5 – Diagrama de correlação de Pearson com dados de Fluorescência de Raios-X das amostras mais profundas (55m até 100m).

PEARSON	Al2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	Fe2O3	Loi	Ba	Co	Cr	Cu	F	Ni	Rb	Sr	V	Zn	Zr	AS	ARE	Prof.	
SiO2	1,00	0,16	-0,62	-0,87	-0,97	0,03	-0,99	-0,17	-0,86	-0,72	0,85	0,46	0,94	-0,97	-0,68	-0,56	0,42	-0,98	-0,41	-0,84	0,42	-0,05	0,30	-0,51	
Al2O3		1,00	-0,60	0,29	-0,37	-0,10	0,59	-0,28	0,45	-0,23	0,20	0,11	0,41	0,05	0,49	0,70	0,91	-0,23	-0,24	0,36	0,57	0,84	-0,74	-0,35	
MnO			1,00	0,40	0,69	-0,09	0,67	-0,26	0,57	0,63	-0,49	-0,42	-0,75	0,56	0,30	0,00	-0,67	0,59	0,10	0,36	-0,56	-0,37	0,20	0,06	
MgO				1,00	0,74	-0,28	0,86	0,55	0,60	0,84	-0,78	-0,56	-0,69	0,93	0,95	0,84	0,06	0,83	0,33	1,00	-0,03	0,52	-0,71	0,22	
CaO					1,00	0,07	0,97	-0,02	0,91	0,98	-0,81	-0,39	-0,98	0,90	0,51	0,37	-0,62	0,96	0,39	0,69	-0,58	-0,17	-0,08	0,56	
Na2O						1,00	0,03	-0,79	0,47	-0,06	0,44	0,81	-0,14	0,01	-0,35	-0,11	-0,38	-0,11	-0,60	-0,27	-0,74	-0,59	0,60	0,12	
K2O							1,00	0,10	0,89	0,98	-0,79	-0,41	-0,95	0,97	0,68	0,55	-0,45	0,96	0,32	0,92	-0,49	0,00	-0,25	0,45	
TiO2								1,00	-0,30	0,74	-0,47	-0,65	0,12	0,22	0,63	0,57	0,68	0,22	0,52	0,57	0,79	0,92	-0,94	-0,02	
P2O5									1,00	0,35	-0,52	-0,01	-0,92	0,84	0,39	0,38	-0,63	0,81	0,06	0,56	-0,78	-0,32	0,10	0,50	
Fe2O3										1,00	-0,71	-0,60	-0,47	0,80	0,95	0,88	0,30	0,69	0,39	0,97	0,25	0,72	-0,86	0,14	
Loi											1,00	-0,50	-0,95	0,94	0,64	0,49	-0,47	0,99	0,45	0,80	-0,43	0,02	-0,26	0,53	
Ba												1,00	0,82	-0,74	-0,64	-0,36	0,29	-0,87	-0,64	-0,74	0,09	-0,23	0,46	-0,41	
Co													1,00	0,38	-0,57	-0,16	-0,01	-0,49	-0,54	-0,54	-0,28	-0,43	0,56	0,05	
Cr														1,00	-0,49	-0,30	0,67	-0,91	-0,24	-0,64	0,67	0,24	0,01	-0,43	
Cu															1,00	0,80	-0,26	0,92	0,26	0,91	-0,38	0,19	-0,41	0,37	
F																1,00	0,86	0,61	0,13	0,96	0,11	0,69	-0,82	-0,09	
Ni																	1,00	0,50	0,11	0,87	0,18	0,70	-0,78	0,10	
Rb																		1,00	-0,45	-0,13	0,12	0,83	0,86	-0,71	-0,46
Sr																			1,00	0,56	0,79	-0,35	0,04	-0,28	0,63
V																				1,00	0,29	0,35	0,18	-0,29	0,72
Zn																					1,00	0,56	-0,74	0,17	
Zr																						1,00	0,76	-0,63	-0,20
AS																							1,00	-0,97	-0,26
ARE																								1,00	0,13
Prof.																									1,00

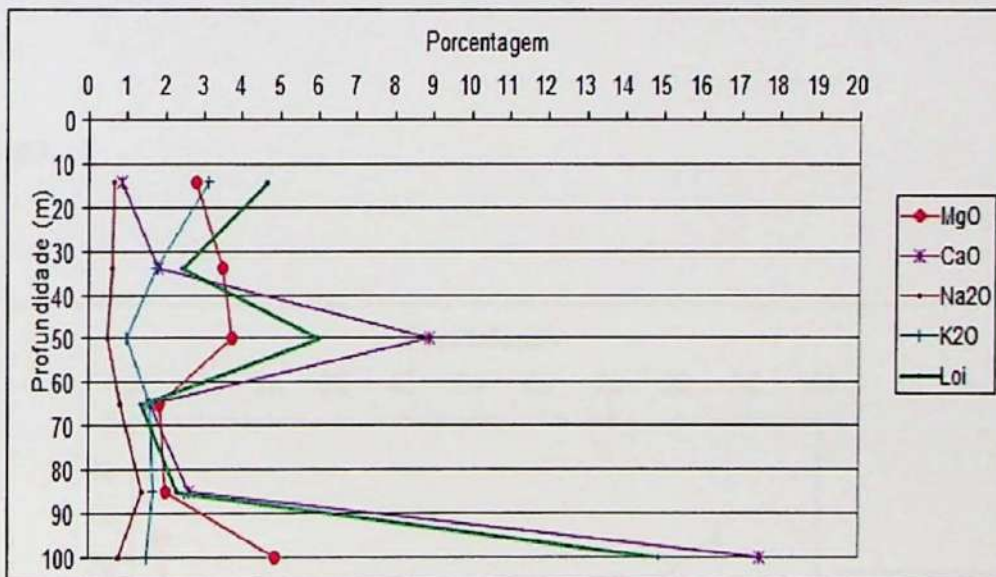
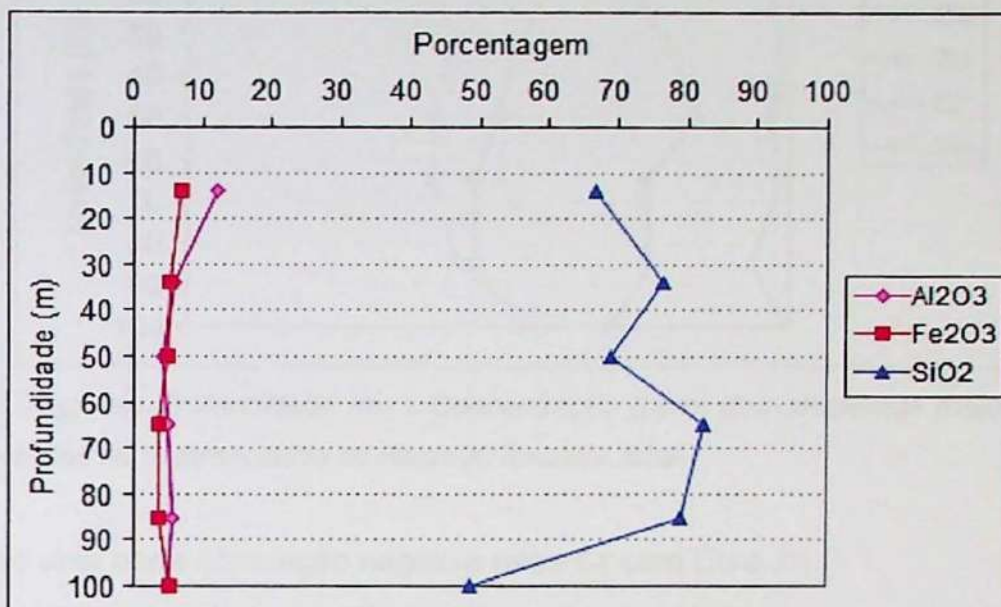
\*Correlação aceitável se valor <0,81 e >0,81

Loi = perda ao fogo AS = argila + silte ARE = areia Prof. = profundidade

Bendat, J.S. & Pierson, A.G. - 1971 - Random data: analysis and measurement procedures. Wiley Interscience, 406 p.

Para complementação dos resultados, foram confeccionados gráficos relacionando os elementos maiores em porcentagem com a profundidade e as concentrações de alguns elementos menores com a profundidade.

**Poço PM-01/02**



Figuras 8 a e b – Diagramas Profundidade (m) x Porcentagem dos elementos maiores do poço PM-01/02, detectados na Fluorescência de Raios-X, amostra total.

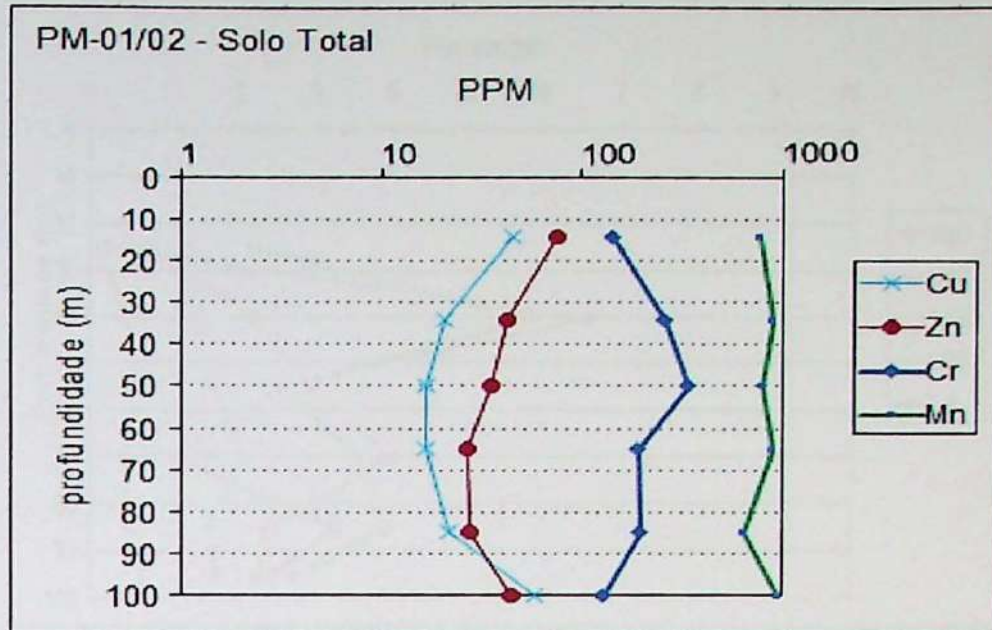
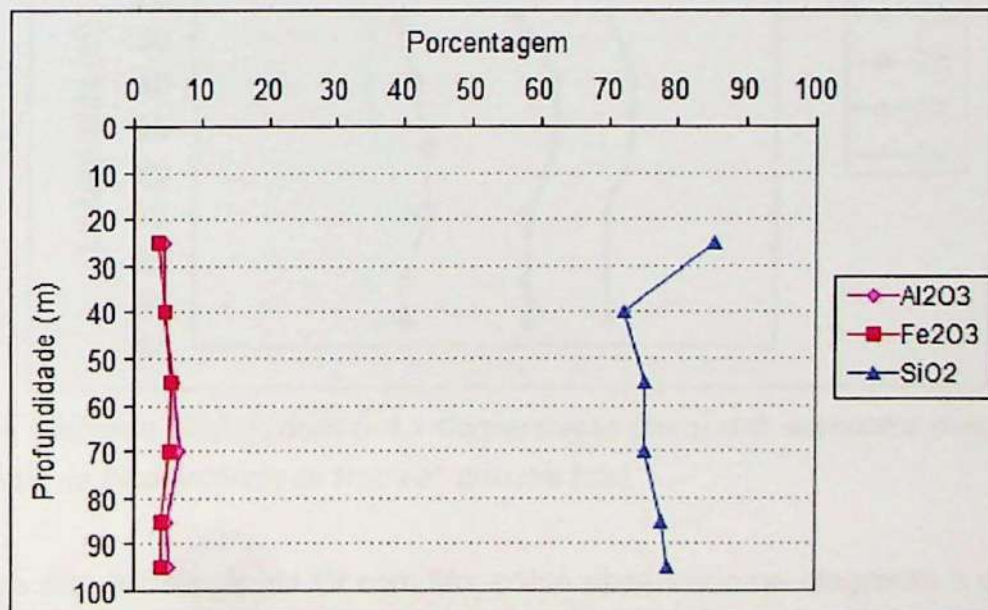
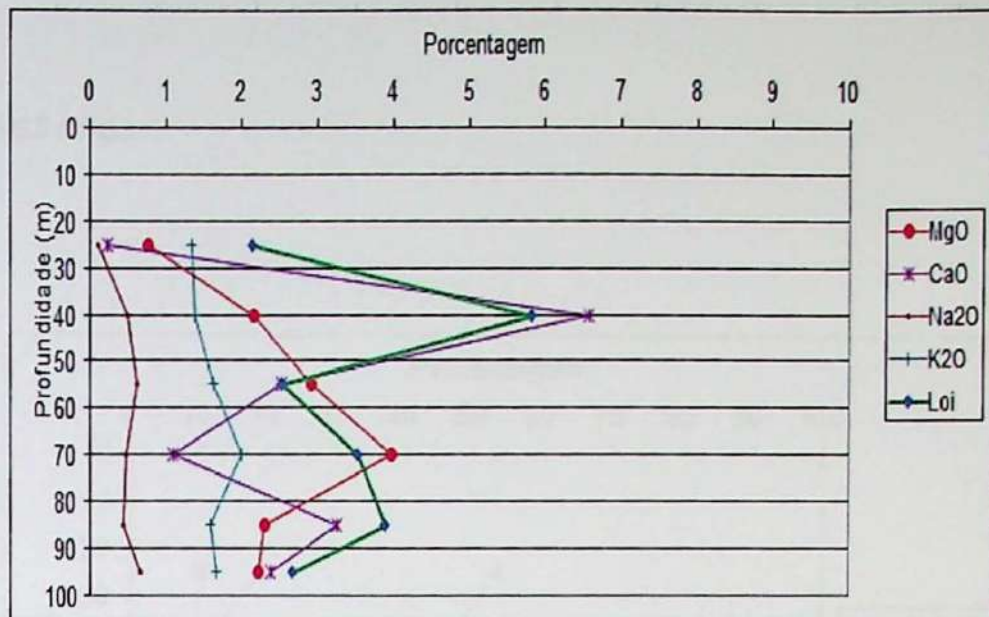


Figura 9 – Diagrama Profundidade (m) x Concentração (ppm) dos elementos maiores do poço PM-01/02, detectados na Fluorescência de Raios-X, amostra total.

Percebe-se uma certa correlação negativa entre Cr com Cu e Zn.

Poço PM-03





Figuras 10 a e b – Diagramas Profundidade (m) x Porcentagem dos elementos maiores do poço PM-03, detectados na Fluorescência de Raios-X, amostra total.

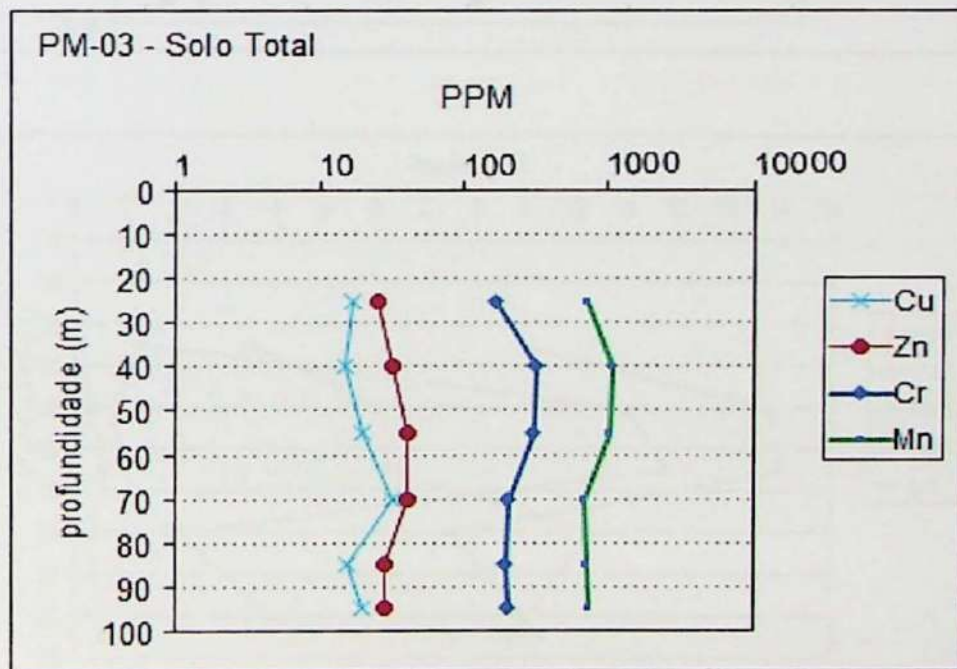
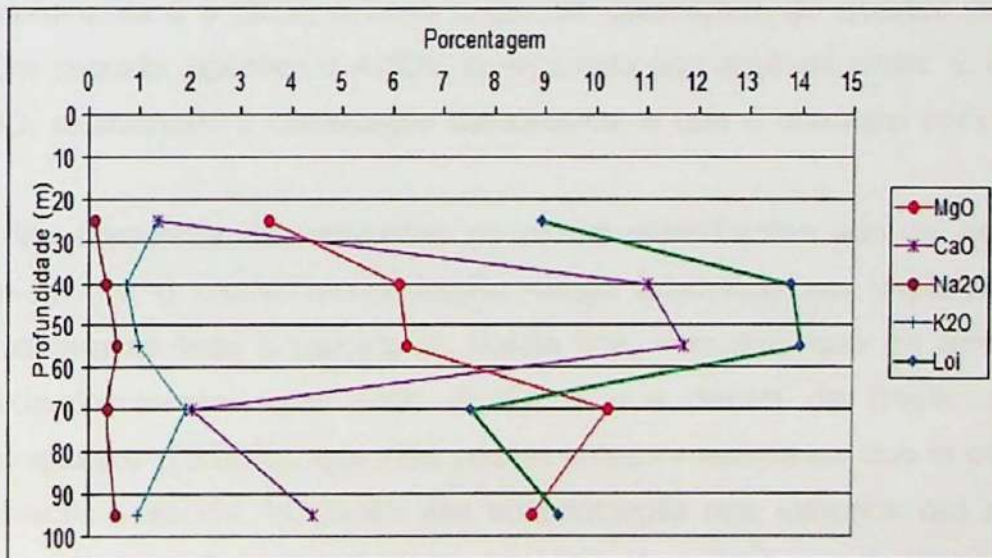
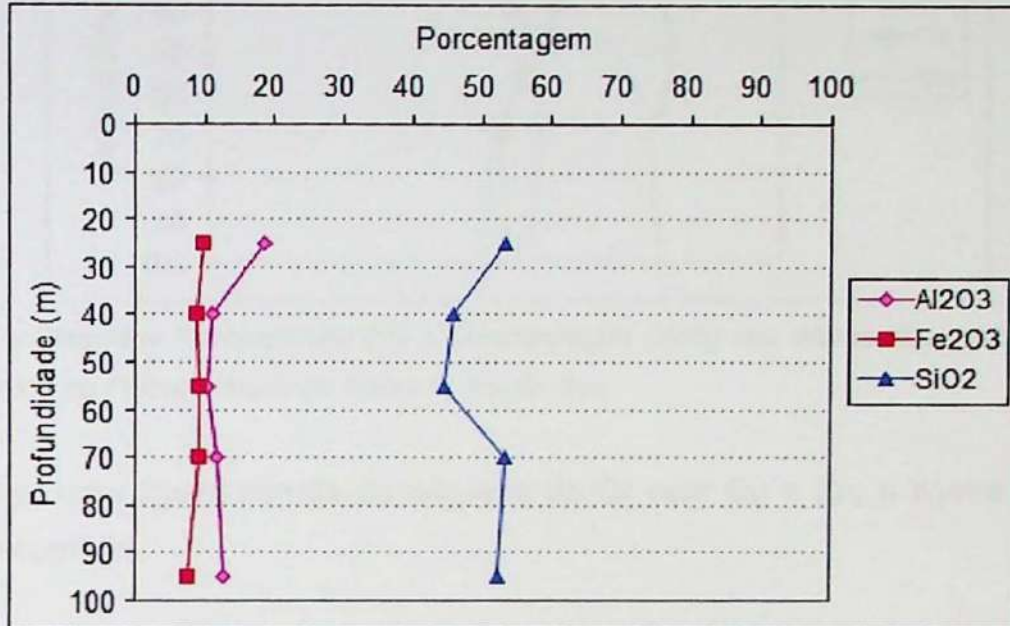


Figura 11 – Diagrama Profundidade (m) x Concentração (ppm) dos elementos maiores do poço PM-03, detectados na Fluorescência de Raios-X, amostra total.

Percebe-se alta correlação de Cr com Mn, como observado no diagrama 3 de Pearson. Há também uma sutil correlação de Cr com Zn.

Poço PM-03 finos



Figuras 12 a e b – Diagramas Profundidade (m) x Porcentagem dos elementos maiores do poço PM-03, detectados na Fluorescência de Raios-X, fração fina.

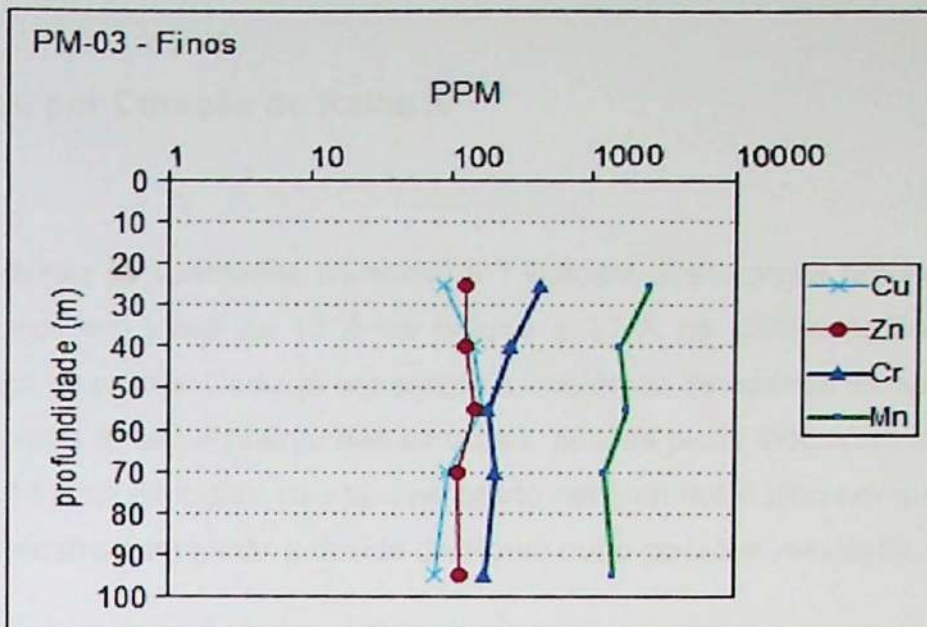


Figura 13 – Diagrama Profundidade (m) x Concentração (ppm) dos elementos maiores do poço PM-03, detectados na Fluorescência de Raios-X, fração fina.

Constata-se uma ligeira correlação negativa de Cr com Cu e Zn, e ligeira correlação positiva de Cr com Mn.

Pela análise dos gráficos, conclui-se que existem três elementos maiores principais: o elemento predominante é o SiO<sub>2</sub>, relativo a grande quantidade de quartzo presente nos sedimentos. Em seguida, aparece o Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, relacionado aos argilominerais. E em terceiro, aparece o CaO, relacionado à cimentação carbonática, e que é correlato com a perda ao fogo.

A fração fina apresenta concentrações de cromo semelhantes aos da amostra total. Porém, supõe-se que o cromo nessa fração esteja adsorvido em argilominerais, que representa praticamente toda a parcela de fração fina, enquanto que na amostra total - composta predominantemente por areia (90%), e que dentro da fração areia há o predomínio de quartzo (75-90%), que não possui cromo - estima-se que o cromo esteja ligado aos minerais pesados, indicando alta concentração nos mesmos em relação aos argilominerais, já que a fração de pesados representa apenas uma parcela da amostra total.

## 6.5 Análises por Difração de Raios X

### *Fração fina*

Os cromatogramas apresentados no anexo 4.1 indicam que a argila predominante é a esmectita, com picos em torno de 15 Å na natural e 17 Å na glicolada. Foi observada também a presença de calcita. Como já era sabida a existência de apenas esmectita, não foi preciso o uso da etapa de aquecimento das amostras, pois os picos indicaram corretamente 15 Å na natural e 17 Å na glicolada, não apresentando nenhum outro pico em que exigisse o aquecimento da amostra para sanar a dúvida de algum outro possível resultado.

### *Pesados*

As amostras contendo apenas minerais pesados foram analisadas por difração de Raios- X, sendo os cromatogramas apresentados no anexo 4.2. Os resultados são resumidos na tabela 2.

*Tabela 2 – Relação lâminas e minerais pesados identificados por Difração Raios-X*

Amostra	Minerais identificados
PM 01/02 6 (34-35 m)	ankerita, diopsídio, maghemita, hematita
PM 01/02 16 (84-85 m)	diopsídio, maghemita, quartzo, albita, manganosita, margarita
PM 03 2 (24-25 m)	maghemita, quartzo, cromita, hematita
PM 03 5 (39-40 m)	quartzo, maghemita, hematita, goethita
PM 03 8 (54-55 m)	diopsídio, augita, ankerita, quartzo
PM 03 11 (69-70 m)	diopsídio, maghemita, quartzo, manganocromita
PM 03 16 (94-95 m)	diopsídio, maghemita, quartzo, albita, hematita, goetita

Na difração de Raios X, puderam ser identificados alguns dos minerais opacos que haviam sido observados na análise microscópica, como hematita, goetita, cromita, manganocromita, manganosita e maghemita, e foram observados minerais que não haviam sido detectados na microscopia óptica como o diopsídio e margarita.

## 6.6 Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)

Após uma análise microscópica, foi selecionada a lâmina da amostra do poço PM 03 - 16 para ser analisada no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

Numa primeira parte da seção, foi selecionada uma área da lâmina visando diferenciar os minerais presentes. Observou-se que os minerais apresentam diferentes tonalidades, sendo que aqueles contendo elementos de maior número atômico apresentam tonalidade mais clara. Sabendo-se disso, foram selecionados 6 minerais, seguindo os critérios de tonalidade, para serem analisados quimicamente por EDS.(figura 14).

Escolhidos os 6 minerais, foi feita uma análise química pontual por EDS desses minerais, que podem ser observados na figura 15.

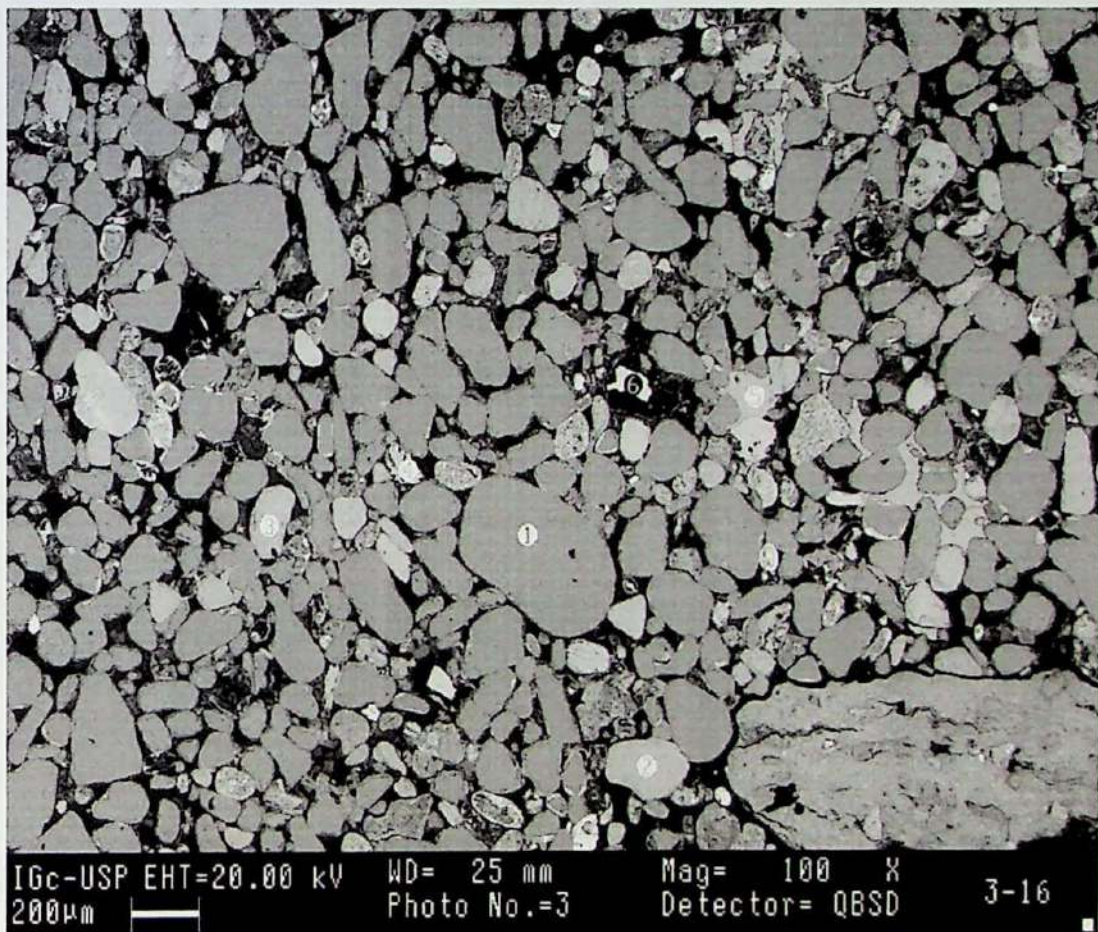


Figura 14 – Visão geral da lâmina PM 03-16 no MEV com os minerais selecionados (aumento de 100X)

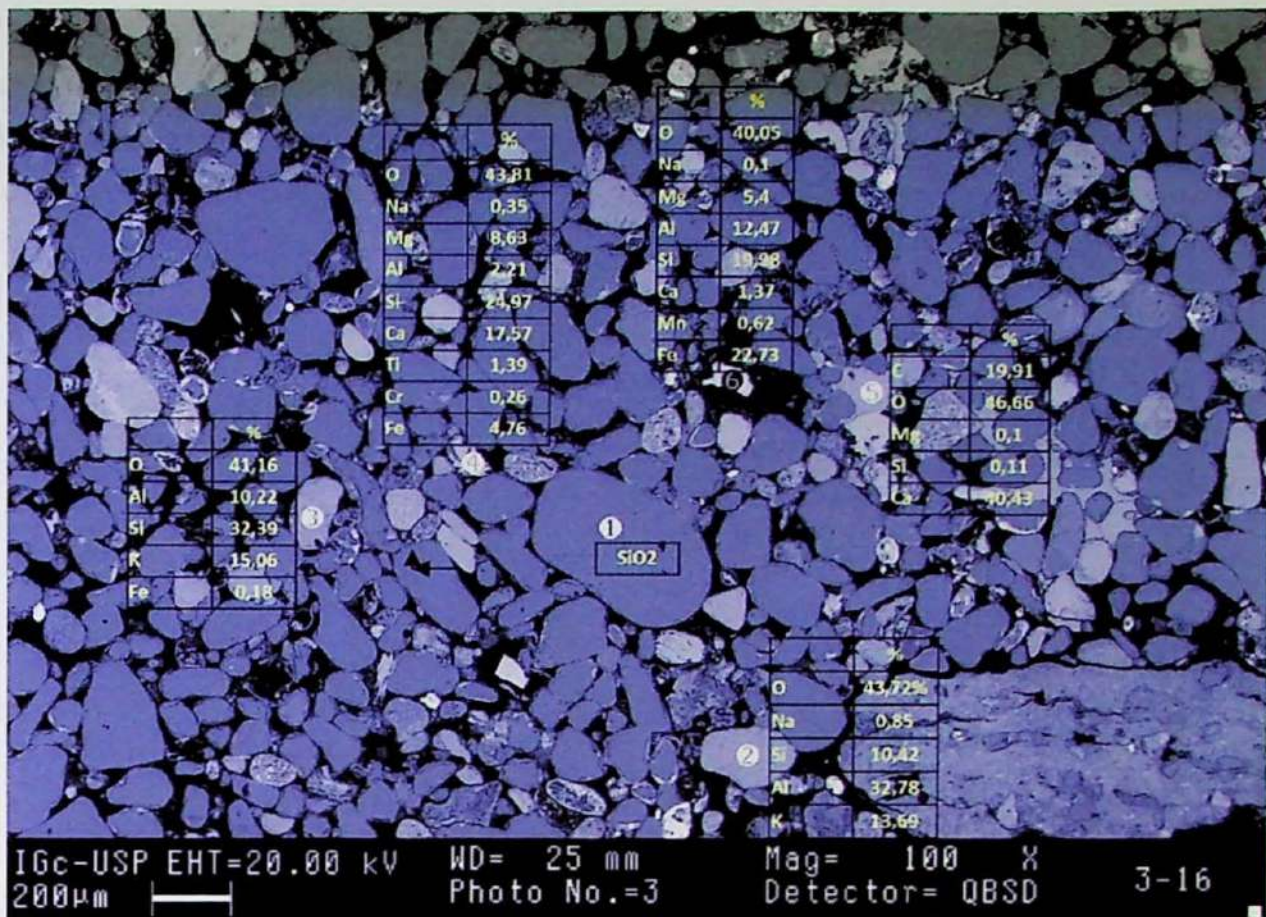


Figura 15 – Minerais escolhidos com as análises químicas por EDS

Apenas no mineral de número 4 (figura 16) foi detectada presença de cromo em sua composição.

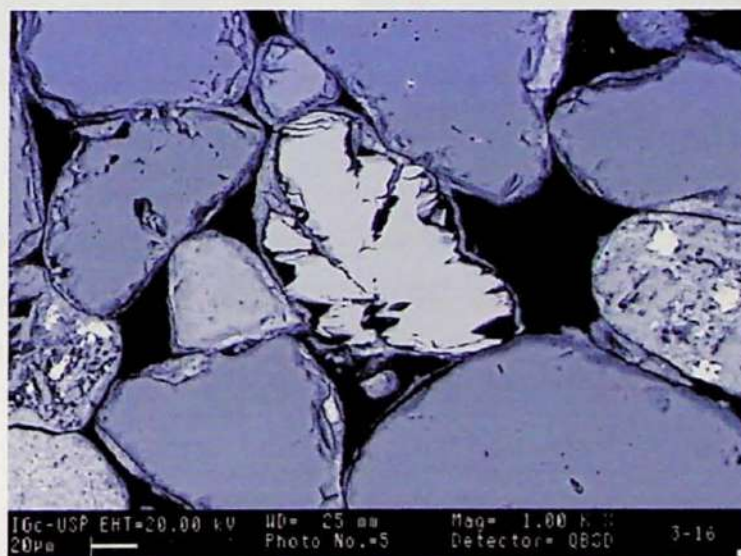
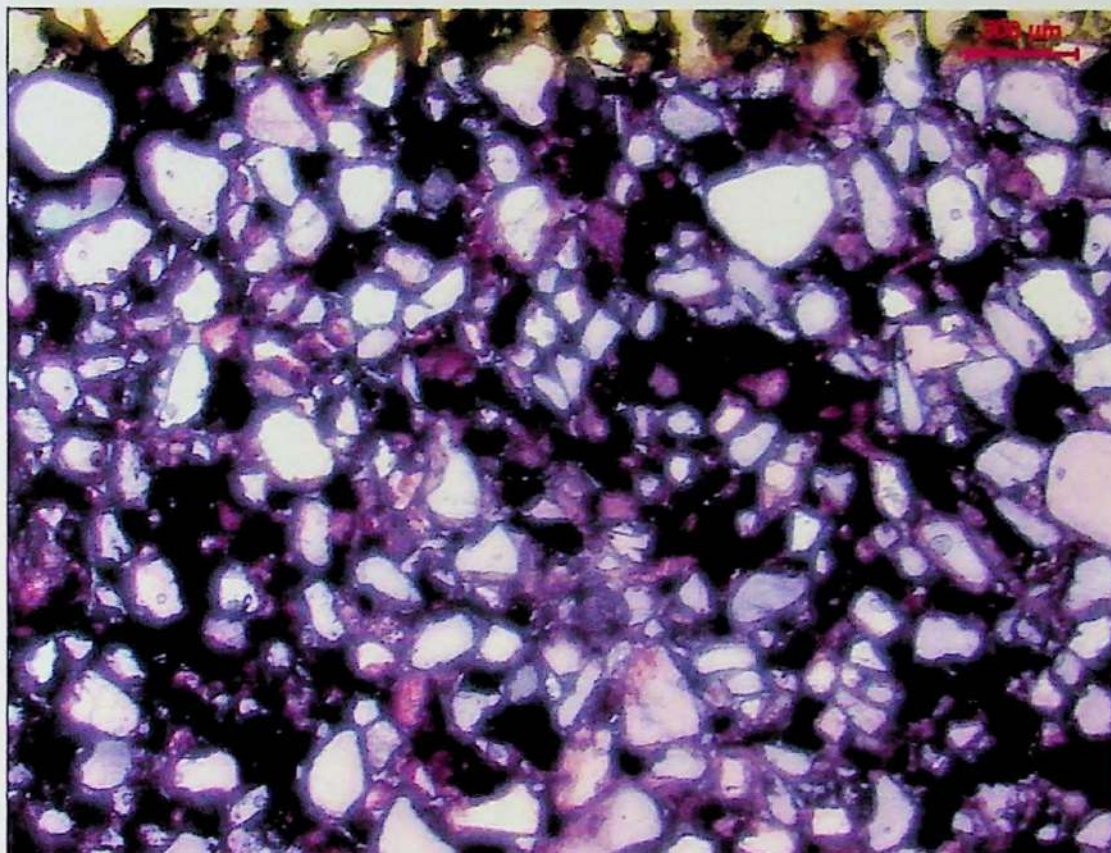


Figura 16 – No centro da figura, mineral apresentando pequena quantidade de Cromo (aumento de 1000X)

Numa segunda etapa da seção, foi realizada a análise química por EDS objetivando a investigação das capas de argilominerais contendo óxido de ferro, partindo de uma mesma porção da lâmina que previamente havia sido observada na análise microscópica (figura 17), para verificar a possibilidade de existência de cromo nelas.



*Figura 17 – Porção da lâmina PM-03 16, que posteriormente foi utilizada para análise no MEV*

Foram localizados 2 pontos para análise química pontual, sendo o nº 1 uma capa de argilomineral, e o nº 2 um mineral opaco, que são apresentados na figura 18 com suas respectivas análises químicas.

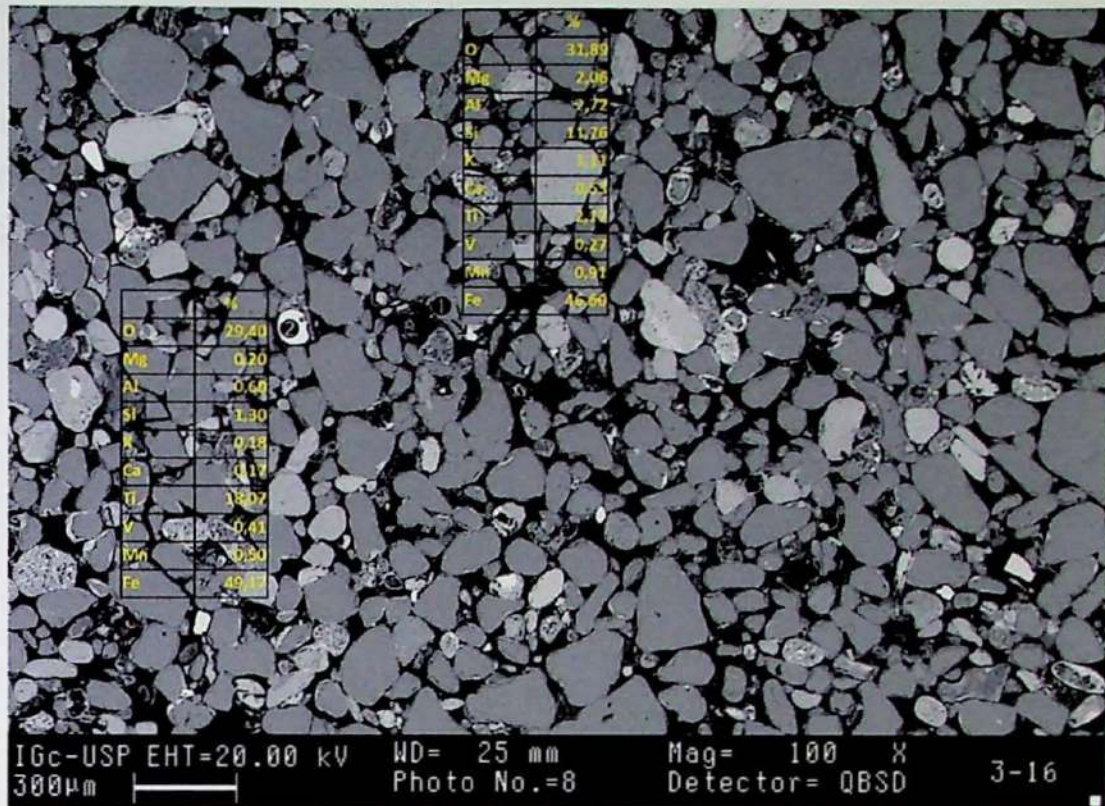


Figura 18 - Capa de argilomineral (1) e mineral opaco (2) com respectivas análises químicas por EDS.

O MEV, no entanto, foi uma ferramenta de uso limitado, já que seu limite de detecção é muito elevado (5.000 ppm) e pelas análises por fluorescência de Raios X, pôde-se observar que a concentração de cromo máxima nas amostras totais não ultrapassam valores de 336 ppm, sendo assim, o cromo só seria detectado no MEV onde estivesse altamente concentrado.

As amostras foram então analisadas por W-EDS no Laboratório de Caracterização Tecnológica da Escola Politécnica da USP, onde realizam-se as análises químicas com limite de detecção dez vezes menor (500 ppm), havendo, portanto, melhores possibilidades de detecção do cromo.

Foram analisadas novamente as porções da lâmina PM 03 -16 contendo as capas de argilominerais, agora por WDS, e foram detectados teores de cromo nessas capas desde 220 ppm a 650 ppm (figura 19).

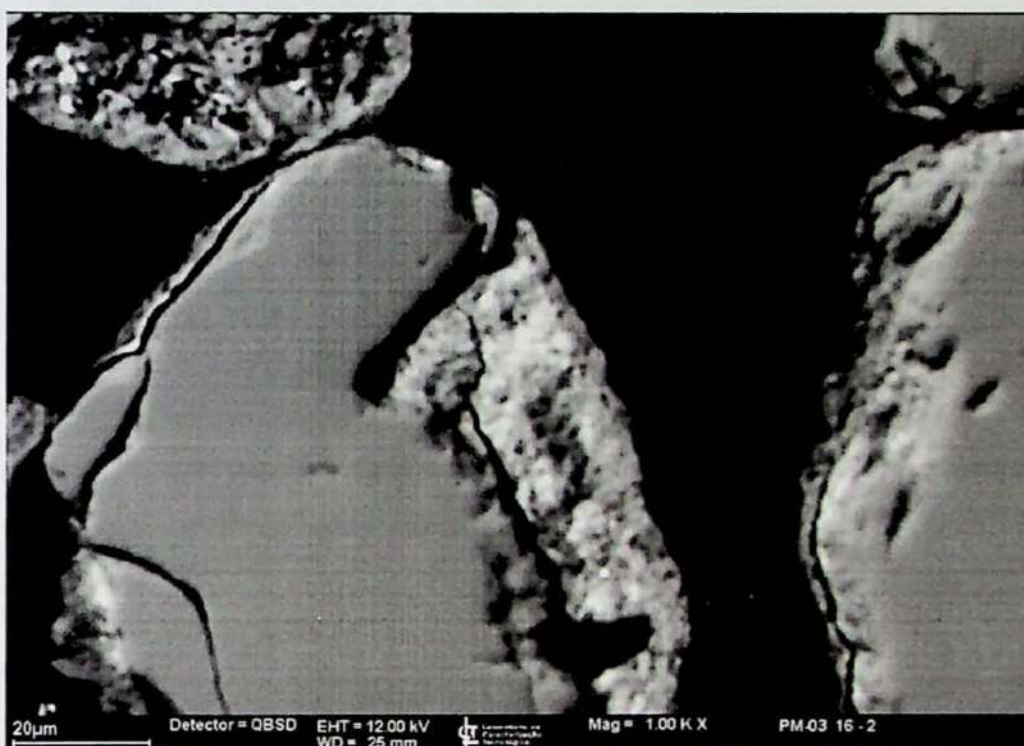


Figura 19 – Capa de argilomineral analisada por WDS da lâmina PM 03–16 (aumento de 1.000x)

Foram escolhidas também duas lâminas (PM 03–5 e PM 03–11) de minerais pesados, para serem analisadas por W-EDS.

Foram realizadas análises químicas pontuais por W-EDS em diversos grãos de minerais pesados, mas foram enfocadas as análises nos grãos de augita (figura 20), onde foram registrados altos índices de concentração de cromo, que variaram desde 1.100 a 5.950 ppm (tabela 3).

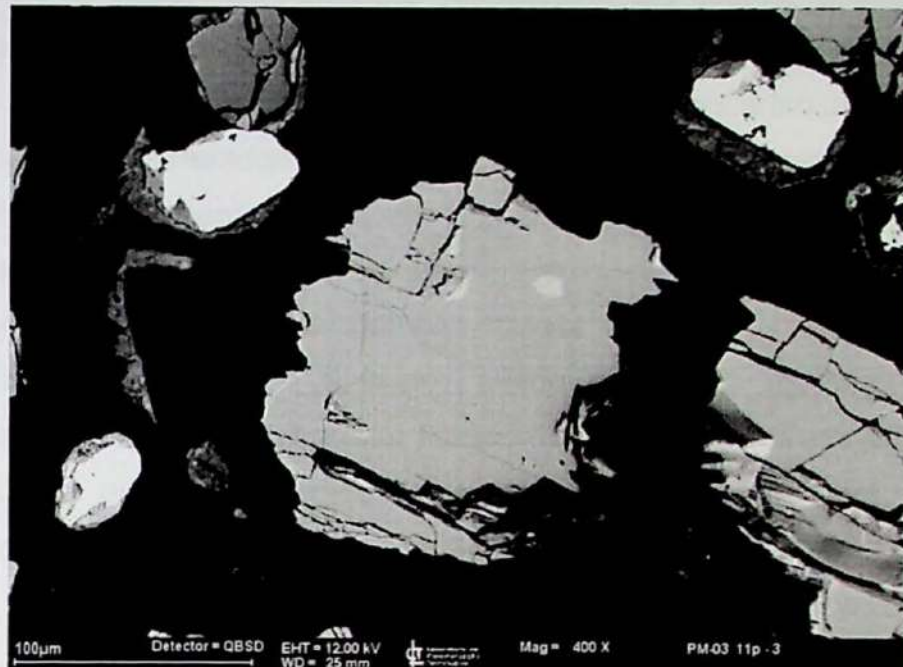


Figura 20 – Cristal de augita da lâmina PM 03 – 11 analisado por WDS (aumento de 400x)

Tabela 3 – Composição em porcentagem de peso dos cristais de augita nas lâminas PM 03 – 5 e PM 03 - 11

Composição (peso) (%) / cristal de augita analisado	PM 03 – 5p 1	PM 03 – 5p 2	PM 03 – 5p 4	PM 03 – 11p 1	PM 03 – 11p 2	PM 03 – 11p 3
<b>Cr</b>	<b>0.278</b>	<b>0.246</b>	<b>0.399</b>	<b>0.585</b>	<b>0.111</b>	<b>0.595</b>
O	36.257	33.636	35.916	36.930	36.026	35.699
Mg	10.161	10.352	10.218	10.853	8.636	10.447
Al	1.774	1.413	2.250	0.855	2.928	1.519
Si	26.574	27.848	27.761	27.160	25.479	27.237
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	18.846	19.438	17.635	18.879	17.972	18.972
Ti	1.337	1.374	0.919	0.857	1.567	0.857
Mn	0.000	0.000	0.039	0.000	0.016	0.000
Fe	4.413	5.334	4.386	3.514	6.857	4.215
Mo	0.360	0.361	0.477	0.366	0.344	0.378
Ni	0	0	0	0	0.063	0.080

## 7 CONCLUSÕES

Considerando os objetivos do trabalho, de se caracterizar química, mineralógica e petrograficamente as rochas da Formação Adamantina em Urânia, visando identificar as principais espécies portadoras de cromo nos sedimentos, pôde-se comprovar que:

- Os sedimentos foram caracterizados como quartzo arenitos finos, maciços, moderadamente selecionados, apresentando bastante cimentação carbonática nas profundidades intermediárias e em menor quantidade nas profundas, mineralogia predominantemente composta de quartzo, feldspato, augita, granada, cianita e opacos – identificados por Difração de Raios X como sendo hematita, goetita, cromita, manganocromita, manganosita, maghemita. Nas análises por Difração de Raios X ainda foram detectados minerais como diopsídio, ankerita, margarita.

- após a análise por Fluorescência de Raios X, pôde-se comprovar que a existência de cromo nesses sedimentos é realmente uma anomalia, pois ultrapassa os valores limites estabelecidos para solo pela CETESB (2001).

- foram detectados os maiores índices de cromo em profundidades próximas a 50 m.

- foram observadas concentrações elevadas de cromo, por análise de W-EDS, em cristais de augita, variando de 1.100 a 5.950 ppm. Essas concentrações são mais que suficientes para ocasionar a contaminação natural da água subterrânea na região, sendo essa a provável fonte de cromo nos sedimentos.

- uma concentração de cromo considerável é observada nas capas de argilominerais, com teores variando de 250 a 650 ppm. Uma possível explicação é que o cromo foi adsorvido por esses argilominerais após ser retirado dos cristais de augita por intemperismo.

Com base nas fácies sedimentares descritas e nos resultados das análises químicas e mineralógicas efetuadas neste estudo, recomenda-se, para efeito de continuação das investigações, que sejam realizadas amostragens de água subterrânea nas seguintes profundidades:

- entre 20 e 30 m, onde ainda há bastante controle do intemperismo, maior quantidade de granulometria muito fina, presença maior de opacos, não há cimentação carbonática.

- entre 45-55 m, onde há uma maior concentração de minerais pesados; por nessa porção terem sido constatados cristais de augita que foram consumidos; por haver quantidade maior de concreções carbonáticas; e ser a porção onde foram detectados as maiores concentrações de cromo.
- entre 85-95m, onde já há uma certa homogeneidade observada desde profundidades em torno de 70 m, presença menor de concreções e onde já começa a haver indícios de contato com o basalto do embasamento.

## 8 BIBLIOGRAFIA

- ALMODOVAR, M. L. N. (1995) - Estudo da anomalia de cromo nas águas subterrâneas da região noroeste do Estado de São Paulo. São Paulo, 101 p. (Dissertação de Mestrado) – Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo.
- ALMODOVAR, M. L. N. (2000) - A origem natural da poluição por cromo no Aquífero Adamantina, município de Urânia SP. São Paulo. 199 p. (Tese de Doutorado - Instituto de Geociências/USP).
- BALL, J. W. , IZBICKI, J. A. (2004) - Occurrence of hexavalent chromium in ground water in the western Mojave Desert, California. *Applied Geochemistry* 19 1123-1135.
- BARTLETT, R. J.; KIMBLE, J. M. (1976a). Behavior of chromium in soils: I. Trivalent forms. *Journal of Environmental Quality*. American Society of Agronomy, v.5, p. 379-382.
- BARTLETT, R. J.; KIMBLE, J. M. (1976b). Behavior of chromium in soils: II. Hexavalent forms. *Journal of Environmental Quality*. American Society of Agronomy, v.5, p. 383-386.
- BARTLETT, R. J.; JAMES, B. (1979). Behavior of chromium in soils: III. Oxidation. *Journal of Environmental Quality*. American Society of Agronomy, v.8, p. 31-35.
- BENDAT, J.S. & PIERSOL, A.G. (1971) - Random data: analysis and measurement procedures. Wiley Interscience, 406 p.
- BERTOLO, R.A. (2001) - Hidrodinâmica e Hidrogeoquímica da zona não saturada do Aquífero Adamantina em Urânia SP. São Paulo. 218 p. (Tese de Doutorado - Instituto de Geociências/USP).
- BRANDT NETO, M.; PETRI, S.; COIMBRA, A. M. (1985). Argilominerais do Grupo Bauru: considerações genéticas. In: Simpósio Regional de Geologia, 5., São Paulo. Atas. São Paulo, SBG – Núcleo São Paulo. V.1, p. 61-74.
- CAGNON, F.A. (2003) - Origem e hidroquímica do nitrato nas águas subterrâneas do Aquífero Adamantina em Urânia SP. São Paulo. 1489 p. (Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências/USP).
- CALDER, L. M. (1988) - Chromium in Groundwater. In: NRIAGU, J.; NIEBOER, E. Chromium in the natural and human environments-advances in environmental science and technology. Ontario, John Wiley & Sons. 31 p.
- CAMACHO, J. Robles & ARMIENTA, M.A. (2000) - Natural chromium contamination of groundwater at León Valley, México. *Journal of Geochemical Exploration* 68 - 167-181.
- CAMPOS, H. C. N. S. (1987). Contribuição do estudo hidrogeoquímico do Grupo Bauru no Estado de São Paulo. São Paulo, 158 p. (Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências/USP).
- CAMPOS, H. C. N. S. (1993). Caracterização e cartografia das províncias hidrogeoquímicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 177 p. (Tese de Doutorado - Instituto de Geociências/USP).

- CARRY, E. E.; ALLAWAY, W. H.; OLSON, O. E. (1977). Control of the chromium concentrations in food plants. 2. Chemistry of chromium in soils and its availability to plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 25. p. 305-309.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2001) - Relatório de estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo, 231 p.
- COIMBRA, A. M. (1976). Arenitos da Formação Bauru: estudo de áreas-fonte. São Paulo, 2v. (Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências/USP).
- DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (1976) – Estudo de Águas Subterrâneas. Região Administrativa 7, 8 e 9, Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba. 4v. São Paulo.
- DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (1988) - Águas subterrâneas: reservas estratégicas. *Águas e Energia*. DAEE 5(13):13-23.
- DURFOR, C.N. ; BECKER, E. (1964) - Public water supplies of the 100 largest cities in the United States, 1962. U. S. Geological Survey Water Supply Paper, v. 1812, p. 1-364.
- FERNANDES, L. A. (1998) – Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil). São Paulo, 216 p. (Tese de Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- FÚLFARO, V. J.; BJORNBERG, A. J. S. (1993) – Geologia. In: Cintra, J.C.; Albiero, J. H. (ed.). Solos do Interior de São Paulo. São Paulo, ABMS, p. 1-42.
- GONZALEZ, A. R. , NDUNG ' U, K. , FLEGAL, A. R. (2005) - Natural Occurrence of Hexavalent Chromium in the Aromas Red Sands aquifer, California. *Environmental Science & Technology*, vol. 39, Nº 15 5505-5511
- GUTIERREZ, A.S. (2003) - Modelo Hidrogeoquímico do Aqüífero Adamantina em Urânia SP. São Paulo. 199 p. (Dissertação de Mestrado 130 p. - Instituto de Geociências/USP).
- HEM, J. D. (1985) Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. U. S. Geological Survey Water Supply Paper, v.2254, p. 138-139.
- HIRATA, R. C. A.; RODOLFI, G. (1993) – Presença de cromo nas águas subterrâneas em Urânia. São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente/ Instituto Geológico. 24 p. (Relatório Técnico).
- ICDD - INTERNATIONAL CENTRE FOR DIFFRACTION DATA (1995). Powder diffraction file: PDF-2 Database Sets 1-45. Pennsylvania, ICDD. (CD-ROM).
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (1981) – Mapa Geológico do Estado de São Paulo. São Paulo, IPT. V. 1. Escala 1:500.000.
- LOVE, S. K. (1967) - Quality of surface waters of the United States (1963) Parts 1 and 2. North Atlantic Slope and South Atlantic Slope and Eastern Gulf of Mexico Basins.
- MASON, B. H. (1971) - Princípios de Geoquímica. São Paulo, EDUSP. 403 p.
- ROBERTSON, F. N. (1991) - Geochemistry of Ground Water in Aluvial Basins of Arizona and adjacent parts of Nevada, New Mexico & California. US Geological Survey Professional paper 1406-C
- ROCHA, G.; BERTACHINI, A.; CAMPOS, H.; CAIXETA, J. (1982) - Tentativa de zoneamento das características hidráulicas e hidrogeoquímicas do Aqüífero Bauru. In:

ENCONTRO DE GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA. Publicação Especial ABAS/SBG, São Paulo. 1v. p. 37-46.

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

SUGUIO, K. (1973). Determinação das propriedades das rochas sedimentares em laboratório. In \_\_\_\_\_. Introdução à sedimentologia. São Paulo, Edgard Blucher Ltda. p. 26-175.

## 9 ANEXOS

## 9.1 Análise Macroscópicas



















PM 01/02

Nº 10

Recuperação do poço: 92%

Profundidade (m)		Matriz	Cor	Granulometria	Seleção	Arredondamento	Mineralogia	Estrutura	Cimento	Classificação
De	a									
54	54,06									
54,06	54,06	Sem matriz	marrom avermelhado	areia fina, areia média (variando desde areia muito fina)	moderadamente selecionada	bem arredondado	Quartzo, feldspato, opacos, biotita	Maciça	carbonático (disperso)	Arenito fino e médio
54,06	54,22									
54,22	54,22	Sem matriz	marrom avermelhado	areia média (variando desde areia fina)	moderadamente selecionada	arredondado	Quartzo, feldspato, opacos, biotita	Maciça	carbonático (disperso)	Arenito médio
54,22	54,49									
54,49	54,49	Sem matriz	marrom avermelhado	areia fina, areia média (variando desde areia muito fina)	moderadamente selecionada	bem arredondado	Quartzo, feldspato, opacos, biotita	Maciça	carbonático (disperso e como concreções)	Arenito fino e médio
54,49	54,69									
54,69	54,69	Sem matriz	marrom esbranquiçado	areia média (variando desde areia muito fina)	moderadamente selecionada	bem arredondado	Quartzo, feldspato, opacos, biotita	Maciça	carbonático (disperso e como concreções)	Arenito médio
54,69	54,84									
54,84	54,84	Sem matriz	marrom arroxeado	areia fina, areia média	moderadamente selecionada	bem arredondado	Quartzo, feldspato, opacos, biotita	Maciça	não há	Arenito fino e médio
54,84	54,92									
54,92	60									

Não recuperado





















































## 9.2 Análises Granulométricas

**IGcUSP - GSA - LABSED**

**Responsável:** Reginaldo Bertolo/ Leonardo Marcolan

**Projeto:** Caracterização Química e mineralógica dos sedimentos da Formação Adamantina em Urânia - SP

**Data:**

**Amostra:** PM 01/02 2

**Massa dispersante (g): 1,00**

**\*Antes da separação granulométrica\***

**\*Após a separação granulométrica\***

Massa total inicial - Mi (g)	58,46	Partículas 4,000 - 0,062 (g)	13,8165
Massa dos seixos (g)	0	Partículas menores 0,062 (g)	46,2700
Eliminação ataque químico (g)	0	Massa total final - Mf (g)	60,0865
Volume da proveta - Vp (ml)	1000	Fator de correção Mi/Mf	0,9729

**PIPETAGEM**

Granulometria (mm)	Tempo (min:s)		M. total (g)	M. frasco (g)	M.aliquota (g)	M.suspens aliq (g)	M susp.total (g)
	10cm	20cm	Mt	Mfr	Mt-Mfr-D	Ms	Ms*Vp/20
0,062 - 0,031	00:29	00:58	25,5029	24,5575	0,9254	0,4887	24,4350
0,031 - 0,016	01:56	03:52	30,4560	29,9993	0,4367	0,1678	8,3900
0,016 - 0,008	07:44	15:28	24,9947	24,7058	0,2689	0,0683	3,4150
0,008 - 0,004	31:00	62:00	24,7000	24,4794	0,2006	0,0670	3,3500
<0,004	123:00	246:00	24,8477	24,6941	0,1336	0,1336	6,6800

**PENEIRAMENTO**

**CÁLCULOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA**

Granulometria (mm)	Massa (g)	M.corrig (g)	Prp.massa (%)	Prp.acumulada (%)	Wentworth	Krumbein (phi)
4,000 - 2,830	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo	
2,830 - 2,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo	
2,000 - 1,410	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	areia mt.grossa	
1,410 - 1,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	areia mt.grossa	
1,000 - 0,707	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	areia grossa	
0,707 - 0,500	0,0323	0,0314	0,0538	0,0538	areia grossa	
0,500 - 0,354	0,2455	0,2389	0,4086	0,4623	areia média	
0,354 - 0,250	0,6080	0,5915	1,0119	1,4742	areia média	
0,250 - 0,177	1,0342	1,0062	1,7212	3,1954	areia fina	
0,177 - 0,125	2,6938	2,6209	4,4832	7,6786	areia fina	
0,125 - 0,088	4,2946	4,1783	7,1474	14,8260	areia mt.fina	
0,088 - 0,062	4,9081	4,7752	8,1684	22,9943	areia mt.fina	
<0,062* (fundo)	23,0501	22,4261			silte/argila	

0,062 - 0,031	24,4350	23,7736	40,6664	63,6607	silte grosso	
0,031 - 0,016	8,3900	8,1629	13,9632	77,6239	silte médio	
0,016 - 0,008	3,4150	3,3226	5,6835	83,3074	silte fino	
0,008 - 0,004	3,3500	3,2593	5,5753	88,8827	silte mt. fino	
<0,004	6,6800	6,4992	11,1173	100,0000	argila	
<b>Total</b>	<b>60,0865</b>	<b>58,4600</b>	<b>100,0000</b>			

**IGcUSP - GSA - LABSED**

**Responsável:** Reginaldo Bertolo/ Leonardo Marcolan

**Projeto:** Caracterização Química e mineralógica dos sedimentos da Formação Adamantina em Urânia - SP

**Data:**

**Amostra:** PM01/02 2 c/ ataq

**Massa dispersante (g):** 2,00

**\*Antes da separação granulométrica\***

**\*Após a separação granulométrica\***

Massa total inicial - Mi (g)	61,12	Partículas 4,000 - 0,062 (g)	4,2778
Massa dos seixos (g)	0	Partículas menores 0,062 (g)	48,1350
Eliminação ataque químico (g)	0	Massa total final - Mf (g)	52,4128
Volume da proveta - Vp (ml)	1000	Fator de correção Mi/Mf	1,1661

**PIPETAGEM**

Granulometria (mm)	Tempo (min:s)		M. total (g)	M. frasco (g)	M. alíquota (g)	M. suspens aliq (g)	M susp. total (g)
	10cm	20cm	Mt	Mfr	Mt-Mfr-D	Ms	Ms*Vp/20
0,062 - 0,031	00:29	00:58	8,7330	7,7303	0,9627	0,5355	26,7750
0,031 - 0,016	01:56	03:52	10,7147	10,2475	0,4272	0,1946	9,7300
0,016 - 0,008	07:44	15:28	9,7666	9,4940	0,2326	0,0890	4,4500
0,008 - 0,004	31:00	62:00	10,7379	10,5543	0,1436	0,0536	2,6800
<0,004	123:00	246:00	7,2410	7,1110	0,0900	0,0900	4,5000

**PENEIRAMENTO**

**CÁLCULOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA**

Granulometria (mm)	Massa (g)	M.corrig (g)	Prp.massa (%)	Prp.acumulada (%)	Wentworth	Krumbein (phi)
4,000 - 2,830	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo	
2,830 - 2,000	0,0089	0,0104	0,0170	0,0170	grânulo	
2,000 - 1,410	0,0026	0,0030	0,0050	0,0219	areia mt.grossa	
1,410 - 1,000	0,0096	0,0112	0,0183	0,0403	areia mt.grossa	
1,000 - 0,707	0,1494	0,1742	0,2850	0,3253	areia grossa	
0,707 - 0,500	0,6626	0,7727	1,2642	1,5895	areia grossa	
0,500 - 0,354	0,9265	1,0804	1,7677	3,3572	areia média	
0,354 - 0,250	1,0714	1,2494	2,0442	5,4014	areia média	
0,250 - 0,177	1,1010	1,2839	2,1006	7,5020	areia fina	
0,177 - 0,125	0,2845	0,3318	0,5428	8,0448	areia fina	
0,125 - 0,088	0,0539	0,0629	0,1028	8,1476	areia mt.fina	
0,088 - 0,062	0,0074	0,0086	0,0141	8,1617	areia mt.fina	
<0,062* (fundo)	0,0184	0,0215			silte/argila	
0,062 - 0,031	26,7750	31,2231	51,0848	59,2466	silte grosso	
0,031 - 0,016	9,7300	11,3464	18,5642	77,8108	silte médio	
0,016 - 0,008	4,4500	5,1893	8,4903	86,3011	silte fino	
0,008 - 0,004	2,6800	3,1252	5,1133	91,4143	silte mt. fino	
<0,004	4,5000	5,2476	8,5857	100,0000	argila	
<b>Total</b>	<b>52,4128</b>	<b>61,1200</b>	<b>100,0000</b>			

**IGcUSP - GSA - LABSED**

**Responsável:** Reginaldo Bertolo/ Leonardo Marcolan

**Projeto:** Caracterização Química e mineralógica dos sedimentos da Formação Adamantina em Urânia - SP

**Data:**

**Amostra:** PM 01/02 6

**Massa dispersante (g):** 3,00

**\*Antes da separação granulométrica\***

**\*Após a separação granulométrica\***

Massa total inicial - Mi (g)	64,9	Partículas 4,000 - 0,062 (g)	51,5909
Massa dos seixos (g)	0	Partículas menores 0,062 (g)	10,9350
Eliminação ataque químico (g)	0	Massa total final - Mf (g)	62,5259
Volume da proveta - Vp (ml)	1000	Fator de correção Mi/Mf	1,0380

**PIPETAGEM**

Granulometria (mm)	Tempo (min:s)		M. total (g)	M. frasco (g)	M aliquota (g)	M.suspens aliq (g)	M susp.total (g)
	10cm	20cm	Mt	Mfr	Mt-Mfr-D	Ms	Ms*Vp/20
0,062 - 0,031	00:29	00:58	13,2387	12,9600	0,2187	0,1652	8,2600
0,031 - 0,016	01:56	03:52	12,5118	12,3983	0,0535	0,0217	1,0850
0,016 - 0,008	07:44	15:28	13,1098	13,0180	0,0318	0,0153	0,7650
0,008 - 0,004	31:00	62:00	12,8040	12,7275	0,0165	0,0121	0,6050
<0,004	123:00	246:00	5,9070	5,8426	0,0044	0,0044	0,2200

**PENEIRAMENTO**

**CÁLCULOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA**

Granulometria (mm)	Massa (g)	M.corrig (g)	Prp.massa (%)	Prp.acumulada (%)	Wentworth	Krumbein (phi)
4,000 - 2,830	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo	
2,830 - 2,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo	

2,000 - 1,410	0,0024	0,0025	0,0038	0,0038	areia mt.grossa	
1,410 - 1,000	0,0104	0,0108	0,0166	0,0205	areia mt.grossa	
1,000 - 0,707	0,1272	0,1320	0,2034	0,2239	areia grossa	
0,707 - 0,500	0,4723	0,4902	0,7554	0,9793	areia grossa	
0,500 - 0,354	1,2409	1,2880	1,9846	2,9639	areia média	
0,354 - 0,250	2,7337	2,8375	4,3721	7,3360	areia média	
0,250 - 0,177	8,8126	9,1472	14,0943	21,4303	areia fina	
0,177 - 0,125	10,9986	11,4162	17,5905	39,0208	areia fina	
0,125 - 0,088	16,6993	17,3334	26,7078	65,7286	areia mt.fina	
0,088 - 0,062	10,4935	10,8919	16,7826	82,5112	areia mt.fina	
<0,062* (fundo)	4,9934	5,1830			silte/argila	

0,062 - 0,031	8,2600	8,5736	13,2105	95,7218	silte grosso	
0,031 - 0,016	1,0850	1,1262	1,7353	97,4571	silte médio	
0,016 - 0,008	0,7650	0,7940	1,2235	98,6805	silte fino	
0,008 - 0,004	0,6050	0,6280	0,9676	99,6481	silte mt. fino	
<0,004	0,2200	0,2284	0,3519	100,0000	argila	
<b>Total</b>	<b>62,5259</b>	<b>64,9000</b>	<b>100,0000</b>			

IGcUSP - GSA - LABSED							
<b>Responsável:</b> Reginaldo Bertolo/ Leonardo Marcolan							
<b>Projeto:</b> Caracterização Química e mineralógica dos sedimentos da Formação Adamantina em Urânia - SP							
<b>Data:</b>							
<b>Amostra:</b> PM 01/02 9			<b>Massa dispersante (g):</b> 2,00				
<b>*Antes da separação granulométrica*</b>				<b>*Após a separação granulométrica*</b>			
Massa total inicial - Mi (g)	62,06		Partículas 4,000 - 0,062 (g)				54,2163
Massa dos seixos (g)	0		Partículas menores 0,062 (g)				3,4050
Eliminação ataque químico (g)	0		Massa total final - Mf (g)				57,6213
Volume da proveta - Vp (ml)	1000		Fator de correção Mi/Mf				1,0770
PIPETAGEM							
Granulometria (mm)	Tempo (min:s)		M. total (g)	M. frasco (g)	M. alíquota (g)	M. suspens aliq (g)	M susp. total (g)
	10cm	20cm	Mt	Mfr	Mt-Mfr-D	Ms	Ms*Vp/20
0,062 - 0,031	00:29	00:58	12,7691	12,6610	0,0681	0,0285	1,4250
0,031 - 0,016	01:56	03:52	12,9488	12,8692	0,0396	0,0138	0,6900
0,016 - 0,008	07:44	15:28	12,5551	12,4893	0,0258	0,0035	0,1750
0,008 - 0,004	31:00	62:00	12,6731	12,6108	0,0223	0,0098	0,4900
<0,004	123:00	246:00	6,7785	6,7260	0,0125	0,0125	0,6250
PENEIRAMENTO			CÁLCULOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA				
Granulometria (mm)	Massa (g)	M. corrig (g)	Prp. massa (%)	Prp. acumulada (%)	Wentworth	Krumbein (phi)	
4,000 - 2,830	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo		
2,830 - 2,000	0,2730	0,2940	0,4738	0,4738	grânulo		
2,000 - 1,410	0,4136	0,4455	0,7178	1,1916	areia mt. grossa		
1,410 - 1,000	1,1345	1,2219	1,9689	3,1605	areia mt. grossa		
1,000 - 0,707	0,5635	0,6069	0,9779	4,1384	areia grossa		
0,707 - 0,500	1,5096	1,6259	2,6199	6,7583	areia grossa		
0,500 - 0,354	2,1570	2,3232	3,7434	10,5017	areia média		
0,354 - 0,250	8,3229	8,9640	14,4441	24,9458	areia média		
0,250 - 0,177	24,0298	25,8809	41,7030	66,6488	areia fina		
0,177 - 0,125	10,0897	10,8669	17,5104	84,1592	areia fina		
0,125 - 0,088	4,8948	5,2719	8,4948	92,6539	areia mt. fina		
0,088 - 0,062	0,8279	0,8917	1,4368	94,0907	areia mt. fina		
<0,062* (fundo)	0,1046	0,1127			silte/argila		
0,062 - 0,031	1,4250	1,5348	2,4730	96,5638	silte grosso		
0,031 - 0,016	0,6900	0,7432	1,1975	97,7612	silte médio		
0,016 - 0,008	0,1750	0,1885	0,3037	98,0650	silte fino		
0,008 - 0,004	0,4900	0,5277	0,8504	98,9153	silte mt. fino		
<0,004	0,6250	0,6731	1,0847	100,0000	argila		
Total	57,6213	62,0600	100,0000				

**IGcUSP - GSA - LABSED**

**Responsável:** Reginaldo Bertolo/ Leonardo Marcolan

**Projeto:** Caracterização Química e mineralógica dos sedimentos da Formação Adamantina em Urânia - SP

**Data:**

**Amostra:** PM 01/02 12

**Massa dispersante (g): 2,00**

**\*Antes da separação granulométrica\***

**\*Após a separação granulométrica\***

Massa total inicial - Mi (g)	67,14	Partículas 4,000 - 0,062 (g)	61,8515
Massa dos seixos (g)	0	Partículas menores 0,062 (g)	1,7850
Eliminação ataque químico (g)	0	Massa total final - Mf (g)	63,6365
Volume da proveta - Vp (ml)	1000	Fator de correção Mi/Mf	1,0551

**PIPETAGEM**

Granulometria (mm)	Tempo (min:s)		M. total (g)	M. frasco (g)	M. alíquota (g)	M. suspens aliq (g)	M susp. total (g)
	10cm	20cm	Mt	Mfr	Mt-Mfr-D	Ms	Ms*Vp/20
0,062 - 0,031	00:29	00:58	13,4909	13,4152	0,0357	0,0082	0,4100
0,031 - 0,016	01:56	03:52	12,9263	12,8588	0,0275	0,0079	0,3950
0,016 - 0,008	07:44	15:28	12,7218	12,6622	0,0196	0,0046	0,2300
0,008 - 0,004	31:00	62:00	13,0278	12,9728	0,0150	0,0044	0,2200
<0,004	123:00	246:00	11,4657	11,4151	0,0106	0,0106	0,5300

**PENEIRAMENTO**

**CÁLCULOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA**

Granulometria (mm)	Massa (g)	M. corrig (g)	Prp. massa (%)	Prp. acumulada (%)	Wentworth	Krumbein (phi)
4,000 - 2,830	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo	
2,830 - 2,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo	

2,000 - 1,410	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	areia mt.grossa	
1,410 - 1,000	0,0067	0,0071	0,0105	0,0105	areia mt.grossa	
1,000 - 0,707	0,0386	0,0407	0,0607	0,0712	areia grossa	
0,707 - 0,500	0,1361	0,1436	0,2139	0,2851	areia grossa	
0,500 - 0,354	0,3659	0,3860	0,5750	0,8600	areia média	
0,354 - 0,250	2,1906	2,3112	3,4424	4,3024	areia média	
0,250 - 0,177	21,2564	22,4267	33,4028	37,7052	areia fina	
0,177 - 0,125	21,5070	22,6911	33,7966	71,5019	areia fina	
0,125 - 0,088	12,0741	12,7388	18,9735	90,4754	areia mt.fina	
0,088 - 0,062	4,2761	4,5115	6,7196	97,1950	areia mt.fina	
<0,062* (fundo)	0,7654	0,8075			silte/argila	

0,062 - 0,031	0,4100	0,4326	0,6443	97,8393	silte grosso	
0,031 - 0,016	0,3950	0,4167	0,6207	98,4600	silte médio	
0,016 - 0,008	0,2300	0,2427	0,3614	98,8214	silte fino	
0,008 - 0,004	0,2200	0,2321	0,3457	99,1671	silte mt. fino	
<0,004	0,5300	0,5592	0,8329	100,0000	argila	
<b>Total</b>	<b>63,6365</b>	<b>67,1400</b>	<b>100,0000</b>			

**IGcUSP - GSA - LABSED**

**Responsável:** Reginaldo Bertolo/ Leonardo Marcolan

**Projeto:** Caracterização Química e mineralógica dos sedimentos da Formação Adamantina em Urânia - SP

**Data:**

**Amostra:** PM 01/02 16

**Massa dispersante (g):** 2,00

**\*Antes da separação granulométrica\***

**\*Após a separação granulométrica\***

Massa total inicial - Mi (g)	62,87	Partículas 4,000 - 0,062 (g)	52,3725
Massa dos seixos (g)	0	Partículas menores 0,062 (g)	3,8600
Eliminação ataque químico (g)	0	Massa total final - Mf (g)	56,2325
Volume da proveta - Vp (ml)	1000	Fator de correção Mi/Mf	1,1180

**PIPETAGEM**

Granulometria (mm)	Tempo (min:s)		M. total (g)	M. frasco (g)	M.aliquota (g)	M.suspens aliq (g)	M susp.total (g)
	10cm	20cm	Mt	Mfr	Mt-Mfr-D	Ms	Ms*Vp/20
0,062 - 0,031	00:29	00:58	13,5248	13,4076	0,0772	0,0347	1,7350
0,031 - 0,016	01:56	03:52	12,5203	12,4378	0,0425	0,0115	0,5750
0,016 - 0,008	07:44	15:28	9,2324	9,1614	0,0310	0,0089	0,4450
0,008 - 0,004	31:00	62:00	9,3110	9,2489	0,0221	0,0045	0,2250
<0,004	123:00	246:00	9,8600	9,8024	0,0176	0,0176	0,8800

**PENEIRAMENTO**

**CÁLCULOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA**

Granulometria (mm)	Massa (g)	M.corrig (g)	Prp.massa (%)	Prp.acumulada (%)	Wentworth	Krumbein (phi)
4,000 - 2,830	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo	
2,830 - 2,000	0,0323	0,0361	0,0574	0,0574	grânulo	
2,000 - 1,410	0,0083	0,0093	0,0148	0,0722	areia mt.grossa	
1,410 - 1,000	0,0200	0,0224	0,0356	0,1078	areia mt.grossa	
1,000 - 0,707	0,0110	0,0123	0,0196	0,1273	areia grossa	
0,707 - 0,500	0,0404	0,0452	0,0718	0,1992	areia grossa	
0,500 - 0,354	0,1834	0,2050	0,3261	0,5253	areia média	
0,354 - 0,250	2,3225	2,5966	4,1302	4,6555	areia média	
0,250 - 0,177	8,3360	9,3200	14,8242	19,4797	areia fina	
0,177 - 0,125	13,6169	15,2242	24,2154	43,6950	areia fina	
0,125 - 0,088	17,4914	19,5560	31,1055	74,8005	areia mt.fina	
0,088 - 0,062	10,3103	11,5273	18,3351	93,1356	areia mt.fina	
<0,062* (fundo)	2,8486	3,1848			silte/argila	
0,062 - 0,031	1,7350	1,9398	3,0854	96,2210	silte grosso	
0,031 - 0,016	0,5750	0,6429	1,0225	97,2436	silte médio	
0,016 - 0,008	0,4450	0,4975	0,7914	98,0349	silte fino	
0,008 - 0,004	0,2250	0,2516	0,4001	98,4351	silte mt. fino	
<0,004	0,8800	0,9839	1,5649	100,0000	argila	
<b>Total</b>	<b>56,2325</b>	<b>62,8700</b>	<b>100,0000</b>			

IGcUSP - GSA - LABSED							
<b>Responsável:</b> Reginaldo Bertolo/ Leonardo Marcolan							
<b>Projeto:</b> Caracterização Química e mineralógica dos sedimentos da Formação Adamantina em Urânia - SP							
<b>Data:</b>							
<b>Amostra:</b> PM 01/02 19				<b>Massa dispersante (g):</b> 3,00			
<b>*Antes da separação granulométrica*</b>				<b>*Após a separação granulométrica*</b>			
Massa total inicial - Mi (g)		61,59		Partículas 4,000 - 0,062 (g)		49,0987	
Massa dos seixos (g)		0		Partículas menores 0,062 (g)		7,8050	
Eliminação ataque químico (g)		0		Massa total final - Mf (g)		56,9037	
Volume da proveta - Vp (ml)		1000		Fator de correção Mi/Mf		1,0824	
<b>PIPETAGEM</b>							
Granulometria	Tempo (min:s)		M. total (g)	M. frasco (g)	M. alíquota (g)	M. suspens aliq (g)	M susp. total (g)
(mm)	10cm	20cm	Mt	Mfr	Mt-Mfr-D	Ms	Ms*Vp/20
0,062 - 0,031	00:29	00:58	12,9140	12,6979	0,1561	0,1306	6,5300
0,031 - 0,016	01:56	03:52	13,2565	13,1710	0,0255	0,0041	0,2050
0,016 - 0,008	07:44	15:28	13,0063	12,9249	0,0214	0,0009	0,0450
0,008 - 0,004	31:00	62:00	12,7613	12,6808	0,0205	0,0199	0,9950
<0,004	123:00	246:00	5,4268	5,3662	0,0006	0,0006	0,0300
<b>PENEIRAMENTO</b>			<b>CÁLCULOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA</b>				
Granulometria (mm)	Massa (g)	M.corrig (g)	Prp.massa (%)	Prp.acumulada (%)	Wentworth	Krumbein (phi)	
4,000 - 2,830	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo		
2,830 - 2,000	2,1870	2,3671	3,8433	3,8433	grânulo		
2,000 - 1,410	1,3106	1,4185	2,3032	6,1465	areia mt.grossa		
1,410 - 1,000	2,6829	2,9039	4,7148	10,8613	areia mt.grossa		
1,000 - 0,707	1,2286	1,3298	2,1591	13,0204	areia grossa		
0,707 - 0,500	2,9674	3,2118	5,2148	18,2352	areia grossa		
0,500 - 0,354	2,5370	2,7459	4,4584	22,6936	areia média		
0,354 - 0,250	3,8321	4,1477	6,7344	29,4280	areia média		
0,250 - 0,177	7,7280	8,3644	13,5808	43,0088	areia fina		
0,177 - 0,125	7,4750	8,0906	13,1362	56,1450	areia fina		
0,125 - 0,088	11,0726	11,9845	19,4585	75,6035	areia mt.fina		
0,088 - 0,062	6,0775	6,5780	10,6803	86,2838	areia mt.fina		
<0,062* (fundo)	1,6848	1,8236			silte/argila		
0,062 - 0,031	6,5300	7,0678	11,4755	97,7594	silte grosso		
0,031 - 0,016	0,2050	0,2219	0,3603	98,1196	silte médio		
0,016 - 0,008	0,0450	0,0487	0,0791	98,1987	silte fino		
0,008 - 0,004	0,9950	1,0769	1,7486	99,9473	silte mt. fino		
<0,004	0,0300	0,0325	0,0527	100,0000	argila		
<b>Total</b>	<b>56,9037</b>	<b>61,5900</b>	<b>100,0000</b>				

**IGcUSP - GSA - LABSED**

**Responsável:** Reginaldo Bertolo/ Leonardo Marcolan

**Projeto:** Caracterização Química e mineralógica dos sedimentos da Formação Adamantina em Urânia - SP

**Data:**

**Amostra:** PM 03 - 2

**Massa dispersante (g):** 1,00

**\*Antes da separação granulométrica\***

**\*Após a separação granulométrica\***

Massa total inicial - Mi (g)	60,2	Partículas 4,000 - 0,062 (g)	52,5461
Massa dos seixos (g)	0	Partículas menores 0,062 (g)	8,2750
Eliminação ataque químico (g)	0	Massa total final - Mf (g)	60,8211
Volume da proveta - Vp (ml)	1000	Fator de correção Mi/Mf	0,9898

**PIPETAGEM**

Granulometria (mm)	Tempo (min:s)		M. total (g)	M. frasco (g)	M. alíquota (g)	M. suspens alíq (g)	M susp.total (g)
	10cm	20cm	Mt	Mfr	Mt-Mfr-D	Ms	Ms*Vp/20
0,062 - 0,031	00:29	00:58	8,9611	8,7756	0,1655	0,0493	2,4650
0,031 - 0,016	01:56	03:52	9,7294	9,5932	0,1162	0,0264	1,3200
0,016 - 0,008	07:44	15:28	9,4258	9,3160	0,0898	0,0184	0,9200
0,008 - 0,004	31:00	62:00	9,2124	9,1210	0,0714	0,0073	0,3650
<0,004	123:00	246:00	24,6167	24,5326	0,0641	0,0641	3,2050

**PENEIRAMENTO**

**CÁLCULOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA**

Granulometria (mm)	Massa (g)	M.corrig (g)	Prp.massa (%)	Prp.acumulada (%)	Wentworth	Krumbein (phi)
4,000 - 2,830	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo	
2,830 - 2,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo	
2,000 - 1,410	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	areia mt.grossa	
1,410 - 1,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	areia mt.grossa	
1,000 - 0,707	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	areia grossa	
0,707 - 0,500	0,0303	0,0300	0,0498	0,0498	areia grossa	
0,500 - 0,354	1,4289	1,4143	2,3493	2,3992	areia média	
0,354 - 0,250	13,6243	13,4852	22,4006	24,7998	areia média	
0,250 - 0,177	16,6123	16,4427	27,3134	52,1132	areia fina	
0,177 - 0,125	10,0535	9,9508	16,5296	68,6428	areia fina	
0,125 - 0,088	6,8603	6,7902	11,2795	79,9223	areia mt.fina	
0,088 - 0,062	3,9365	3,8963	6,4723	86,3945	areia mt.fina	
<0,062* (fundo)	1,0273	1,0168			silte/argila	
0,062 - 0,031	2,4650	2,4398	4,0529	90,4474	silte grosso	
0,031 - 0,016	1,3200	1,3065	2,1703	92,6177	silte médio	
0,016 - 0,008	0,9200	0,9106	1,5126	94,1303	silte fino	
0,008 - 0,004	0,3650	0,3613	0,6001	94,7304	silte mt. fino	
<0,004	3,2050	3,1723	5,2696	100,0000	argila	
<b>Total</b>	<b>60,8211</b>	<b>60,2000</b>	<b>100,0000</b>			

IGcUSP - GSA - LABSED							
<b>Responsável:</b> Reginaldo Bertolo/ Leonardo Marcolan							
<b>Projeto:</b> Caracterização Química e mineralógica dos sedimentos da Formação Adamantina em Urânia - SP							
<b>Data:</b>							
<b>Amostra:</b> PM 03 2 c/ ataq				<b>Massa dispersante (g):</b> 2,00			
<b>*Antes da separação granulométrica*</b>				<b>*Após a separação granulométrica*</b>			
Massa total inicial - Mi (g)		64,26		Partículas 4,000 - 0,062 (g)		46,0509	
Massa dos seixos (g)		0		Partículas menores 0,062 (g)		6,4250	
Eliminação ataque químico (g)		0		Massa total final - Mf (g)		52,4759	
Volume da proveta - Vp (ml)		1000		Fator de correção Mi/Mf		1,2246	
<b>PIPETAGEM</b>							
Granulometria (mm)	Tempo (min:s)		M. total (g)	M. frasco (g)	M. alíquota (g)	M. suspens aliq (g)	M susp. total (g)
	10cm	20cm	Mt	Mfr	Mt-Mfr-D	Ms	Ms*Vp/20
0,062 - 0,031	00:29	00:58	8,9572	8,7887	0,1285	0,0468	2,3400
0,031 - 0,016	01:56	03:52	8,0830	7,9613	0,0817	0,0356	1,7800
0,016 - 0,008	07:44	15:28	7,6270	7,5409	0,0461	0,0119	0,5950
0,008 - 0,004	31:00	62:00	9,8707	9,7965	0,0342	0,0060	0,3000
<0,004	123:00	246:00	10,4092	10,3410	0,0282	0,0282	1,4100
<b>PENEIRAMENTO</b>			<b>CÁLCULOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA</b>				
Granulometria (mm)	Massa (g)	M.corrig (g)	Prp.massa (%)	Prp.acumulada (%)	Wentworth	Krumbein (phi)	
4,000 - 2,830	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo		
2,830 - 2,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo		
2,000 - 1,410	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	areia mt.grossa		
1,410 - 1,000	0,0028	0,0034	0,0053	0,0053	areia mt.grossa		
1,000 - 0,707	0,0218	0,0267	0,0415	0,0469	areia grossa		
0,707 - 0,500	0,0740	0,0906	0,1410	0,1879	areia grossa		
0,500 - 0,354	1,4860	1,8197	2,8318	3,0197	areia média		
0,354 - 0,250	13,9308	17,0591	26,5470	29,5667	areia média		
0,250 - 0,177	17,0326	20,8575	32,4579	62,0247	areia fina		
0,177 - 0,125	9,1578	11,2143	17,4514	79,4761	areia fina		
0,125 - 0,088	4,0200	4,9227	7,6607	87,1368	areia mt.fina		
0,088 - 0,062	0,3251	0,3981	0,6195	87,7563	areia mt.fina		
<0,062* (fundo)	0,0273	0,0334			silte/argila		
0,062 - 0,031	2,3400	2,8655	4,4592	92,2155	silte grosso		
0,031 - 0,016	1,7800	2,1797	3,3920	95,6075	silte médio		
0,016 - 0,008	0,5950	0,7286	1,1339	96,7414	silte fino		
0,008 - 0,004	0,3000	0,3674	0,5717	97,3131	silte mt. fino		
<0,004	1,4100	1,7266	2,6869	100,0000	argila		
<b>Total</b>	<b>52,4759</b>	<b>64,2600</b>	<b>100,0000</b>				

IGcUSP - GSA - LABSED							
Responsável: Reginaldo Bertolo/ Leonardo Marcolan							
Projeto: Caracterização Química e mineralógica dos sedimentos da Formação Adamantina em Urânia - SP							
Data:							
Amostra: PM- 03 5			Massa dispersante (g): 2,00				
*Antes da separação granulométrica*			*Após a separação granulométrica*				
Massa total inicial - Mi (g)	60,86		Partículas 4,000 - 0,062 (g)	52,4354			
Massa dos seixos (g)	0		Partículas menores 0,062 (g)	4,2000			
Eliminação ataque químico (g)	0		Massa total final - Mf (g)	56,6354			
Volume da proveta - Vp (ml)	1000		Fator de correção Mi/Mf	1,0746			
PIPETAGEM							
Granulometria (mm)	Tempo (min:s)		M. total (g)	M. frasco (g)	M. aliquota (g)	M. suspens aliq (g)	M susp. total (g)
	10cm	20cm	Mt	Mfr	Mt-Mfr-D	Ms	Ms*Vp/20
0,062 - 0,031	00:29	00:58	7,4658	7,3418	0,0840	0,0391	1,9550
0,031 - 0,016	01:56	03:52	7,6234	7,5385	0,0449	0,0068	0,3400
0,016 - 0,008	07:44	15:28	7,8073	7,7292	0,0381	0,0078	0,3900
0,008 - 0,004	31:00	62:00	8,0821	8,0118	0,0303	0,0054	0,2700
<0,004	123:00	246:00	10,3119	10,2470	0,0249	0,0249	1,2450
PENEIRAMENTO			CÁLCULOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA				
Granulometria (mm)	Massa (g)	M.corrig (g)	Prp.massa (%)	Prp.acumulada (%)	Wentworth	Krumbein (phi)	
4,000 - 2,830	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo		
2,830 - 2,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo		
2,000 - 1,410	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	areia mt.grossa		
1,410 - 1,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	areia mt.grossa		
1,000 - 0,707	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	areia grossa		
0,707 - 0,500	0,0120	0,0129	0,0212	0,0212	areia grossa		
0,500 - 0,354	0,4581	0,4923	0,8089	0,8300	areia média		
0,354 - 0,250	2,5781	2,7704	4,5521	5,3821	areia média		
0,250 - 0,177	16,6740	17,9178	29,4410	34,8231	areia fina		
0,177 - 0,125	18,9900	20,4065	33,5303	68,3534	areia fina		
0,125 - 0,088	8,9388	9,6056	15,7831	84,1364	areia mt.fina		
0,088 - 0,062	4,7844	5,1413	8,4477	92,5841	areia mt.fina		
<0,062* (fundo)	0,6329	0,6801			silte/argila		
0,062 - 0,031	1,9550	2,1008	3,4519	96,0360	silte grosso		
0,031 - 0,016	0,3400	0,3654	0,6003	96,6364	silte médio		
0,016 - 0,008	0,3900	0,4191	0,6886	97,3250	silte fino		
0,008 - 0,004	0,2700	0,2901	0,4767	97,8017	silte mt. fino		
<0,004	1,2450	1,3379	2,1983	100,0000	argila		
Total	56,6354	60,8600	100,0000				

**IGcUSP - GSA - LABSED**

**Responsável:** Reginaldo Bertolo/ Leonardo Marcolan

**Projeto:** Caracterização Química e mineralógica dos sedimentos da Formação Adamantina em Urânia - SP

**Data:**

**Amostra:** PM 03 8

**Massa dispersante (g):** 2,00

**\*Antes da separação granulométrica\***

**\*Após a separação granulométrica\***

Massa total inicial - Mi (g)	61,34	Partículas 4,000 - 0,062 (g)	52,7218
Massa dos seixos (g)	0	Partículas menores 0,062 (g)	6,4050
Eliminação ataque químico (g)	0	Massa total final - Mf (g)	59,1268
Volume da proveta - Vp (ml)	1000	Fator de correção Mi/Mf	1,0374

**PIPETAGEM**

Granulometria (mm)	Tempo (min:s)		M. total (g)	M. frasco (g)	M. aliquota (g)	M. suspens aliq (g)	M susp. total (g)
	10cm	20cm	Mt	Mfr	Mt-Mfr-D	Ms	Ms*Vp/20
0,062 - 0,031	00:29	00:58	11,2026	11,0345	0,1281	0,0829	4,1450
0,031 - 0,016	01:56	03:52	12,1494	12,0642	0,0452	0,0201	1,0050
0,016 - 0,008	07:44	15:28	17,0624	16,9973	0,0251	0,0106	0,5300
0,008 - 0,004	31:00	62:00	13,1547	13,1002	0,0145	0,0052	0,2600
<0,004	123:00	246:00	13,4550	13,4057	0,0093	0,0093	0,4650

**PENEIRAMENTO**

**CÁLCULOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA**

Granulometria (mm)	Massa (g)	M.corrig (g)	Prp.massa (%)	Prp.acumulada (%)	Wentworth	Krumbein (phi)
4,000 - 2,830	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo	
2,830 - 2,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo	
2,000 - 1,410	0,0037	0,0038	0,0063	0,0063	areia mt.grossa	
1,410 - 1,000	0,0050	0,0052	0,0085	0,0147	areia mt.grossa	
1,000 - 0,707	0,0059	0,0061	0,0100	0,0247	areia grossa	
0,707 - 0,500	0,0741	0,0769	0,1253	0,1500	areia grossa	
0,500 - 0,354	1,2881	1,3363	2,1785	2,3286	areia média	
0,354 - 0,250	3,0021	3,1145	5,0774	7,4059	areia média	
0,250 - 0,177	10,2871	10,6722	17,3984	24,8043	areia fina	
0,177 - 0,125	12,0799	12,5321	20,4305	45,2348	areia fina	
0,125 - 0,088	13,4537	13,9573	22,7540	67,9888	areia mt.fina	
0,088 - 0,062	12,5222	12,9909	21,1786	89,1673	areia mt.fina	
<0,062* (fundo)	4,2122	4,3699			silte/argila	
0,062 - 0,031	4,1450	4,3002	7,0104	96,1777	silte grosso	
0,031 - 0,016	1,0050	1,0426	1,6997	97,8774	silte médio	
0,016 - 0,008	0,5300	0,5498	0,8964	98,7738	silte fino	
0,008 - 0,004	0,2600	0,2697	0,4397	99,2136	silte mt. fino	
<0,004	0,4650	0,4824	0,7864	100,0000	argila	
<b>Total</b>	<b>59,1268</b>	<b>61,3400</b>	<b>100,0000</b>			

**IGcUSP - GSA - LABSED**

**Responsável:** Reginaldo Bertolo/ Leonardo Marcolan

**Projeto:** Caracterização Química e mineralógica dos sedimentos da Formação Adamantina em Urânia - SP

**Data:**

**Amostra:** PM-03 11

**Massa dispersante (g):** 1,00

**\*Antes da separação granulométrica\***

**\*Após a separação granulométrica\***

Massa total inicial - Mi (g)	60,19	Partículas 4,000 - 0,062 (g)	18,5441
Massa dos seixos (g)	0	Partículas menores 0,062 (g)	18,6950
Eliminação ataque químico (g)	0	Massa total final - Mf (g)	37,2391
Volume da proveta - Vp (ml)	1000	Fator de correção Mi/Mf	1,6163

**PIPETAGEM**

Granulometria (mm)	Tempo (min:s)		M. total (g)	M. frasco (g)	M. aliquota (g)	M suspens aliq (g)	M susp.total (g)
	10cm	20cm	Mt	Mfr	Mt-Mfr-D	Ms	Ms*Vp/20
0,062 - 0,031	00:29	00:58	13,2207	12,8268	0,3739	0,2498	12,4900
0,031 - 0,016	01:56	03:52	13,3334	13,1893	0,1241	0,0615	3,0750
0,016 - 0,008	07:44	15:28	7,8538	7,7712	0,0626	0,0317	1,5850
0,008 - 0,004	31:00	62:00	7,1883	7,1374	0,0309	0,0150	0,7500
<0,004	123:00	246:00	9,8051	9,7692	0,0159	0,0159	0,7950

**PENEIRAMENTO**

**CÁLCULOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA**

Granulometria (mm)	Massa (g)	M.corrig (g)	Prp.massa (%)	Prp.acumulada (%)	Wentworth	Krumbein (phi)
4,000 - 2,830	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo	
2,830 - 2,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo	
2,000 - 1,410	0,0054	0,0087	0,0145	0,0145	areia mt.grossa	
1,410 - 1,000	0,0273	0,0441	0,0733	0,0878	areia mt.grossa	
1,000 - 0,707	0,1279	0,2067	0,3435	0,4313	areia grossa	
0,707 - 0,500	0,3247	0,5248	0,8719	1,3032	areia grossa	
0,500 - 0,354	0,4888	0,7901	1,3126	2,6158	areia média	
0,354 - 0,250	1,2832	2,0741	3,4458	6,0616	areia média	
0,250 - 0,177	5,2586	8,4995	14,1212	20,1828	areia fina	
0,177 - 0,125	9,0024	14,5507	24,1746	44,3574	areia fina	
0,125 - 0,088	1,9718	3,1870	5,2950	49,6524	areia mt.fina	
0,088 - 0,062	0,0540	0,0873	0,1450	49,7974	areia mt.fina	
<0,062* (fundo)	0,0023	0,0037			silte/argila	
0,062 - 0,031	12,4900	20,1877	33,5400	83,3374	silte grosso	
0,031 - 0,016	3,0750	4,9702	8,2574	91,5949	silte médio	
0,016 - 0,008	1,5850	2,5619	4,2563	95,8511	silte fino	
0,008 - 0,004	0,7500	1,2122	2,0140	97,8651	silte mt. fino	
<0,004	0,7950	1,2850	2,1349	100,0000	argila	
Total	37,2391	60,1900	100,0000			

**IGcUSP - GSA - LABSED**

**Responsável:** Reginaldo Bertolo/ Leonardo Marcolan

**Projeto:** Caracterização Química e mineralógica dos sedimentos da Formação Adamantina em Urânia - SP

**Data:**

**Amostra:** PM-03 14

**Massa dispersante (g):** 2,00

**\*Antes da separação granulométrica\***

**\*Após a separação granulométrica\***

Massa total inicial - Mi (g)	61,16	Partículas 4,000 - 0,062 (g)	31,3593
Massa dos seixos (g)	0	Partículas menores 0,062 (g)	7,3850
Eliminação ataque químico (g)	0	Massa total final - Mf (g)	38,7443
Volume da proveta - Vp (ml)	1000	Fator de correção Mi/Mf	1,5786

**PIPETAGEM**

Granulometria (mm)	Tempo (min:s)		M. total (g)	M. frasco (g)	M. alíquota (g)	M. suspens alíq (g)	M susp.total (g)
	10cm	20cm	Mt	Mfr	Mt-Mfr-D	Ms	Ms*Vp/20
0,062 - 0,031	00:29	00:58	10,1214	9,9337	0,1477	0,0952	4,7600
0,031 - 0,016	01:56	03:52	10,0945	10,0020	0,0525	0,0159	0,7950
0,016 - 0,008	07:44	15:28	9,5363	9,4597	0,0366	0,0105	0,5250
0,008 - 0,004	31:00	62:00	10,2786	10,2125	0,0261	0,0057	0,2850
<0,004	123:00	246:00	8,4575	8,3971	0,0204	0,0204	1,0200

**PENEIRAMENTO**

**CÁLCULOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA**

Granulometria (mm)	Massa (g)	M.corrig (g)	Prp.massa (%)	Prp.acumulada (%)	Wentworth	Krumbein (phi)
4,000 - 2,830	0,9162	1,4463	2,3647	2,3647	grânulo	
2,830 - 2,000	0,0000	0,0000	0,0000	2,3647	grânulo	
2,000 - 1,410	0,0218	0,0344	0,0563	2,4210	areia mt.grossa	
1,410 - 1,000	0,0299	0,0472	0,0772	2,4982	areia mt.grossa	
1,000 - 0,707	0,0822	0,1298	0,2122	2,7103	areia grossa	
0,707 - 0,500	0,2423	0,3825	0,6254	3,3357	areia grossa	
0,500 - 0,354	0,9517	1,5023	2,4564	5,7921	areia média	
0,354 - 0,250	4,7936	7,5670	12,3724	18,1645	areia média	
0,250 - 0,177	11,2887	17,8198	29,1364	47,3009	areia fina	
0,177 - 0,125	10,1106	15,9601	26,0957	73,3966	areia fina	
0,125 - 0,088	2,7828	4,3928	7,1825	80,5791	areia mt.fina	
0,088 - 0,062	0,1395	0,2202	0,3601	80,9391	areia mt.fina	
<0,062* (fundo)	0,0063	0,0099			silte/argila	
0,062 - 0,031	4,7600	7,5139	12,2857	93,2248	silte grosso	
0,031 - 0,016	0,7950	1,2550	2,0519	95,2767	silte médio	
0,016 - 0,008	0,5250	0,8287	1,3550	96,6318	silte fino	
0,008 - 0,004	0,2850	0,4499	0,7356	97,3674	silte mt. fino	
<0,004	1,0200	1,6101	2,6326	100,0000	argila	
<b>Total</b>	<b>38,7443</b>	<b>61,1600</b>	<b>100,0000</b>			

**IGcUSP - GSA - LABSED**

**Responsável:** Reginaldo Bertolo/ Leonardo Marcolan

**Projeto:** Caracterização Química e mineralógica dos sedimentos da Formação Adamantina em Urânia - SP

**Data:**

**Amostra:** PM-03 16

**Massa dispersante (g):** 2,00

**\*Antes da separação granulométrica\***

**\*Após a separação granulométrica\***

Massa total inicial - Mi (g)	60	Partículas 4,000 - 0,062 (g)	44,4231
Massa dos seixos (g)	0	Partículas menores 0,062 (g)	6,5250
Eliminação ataque químico (g)	0	Massa total final - Mf (g)	50,9481
Volume da proveta - Vp (ml)	1000	Fator de correção Mi/Mf	1,1777

**PIPETAGEM**

Granulometria (mm)	Tempo (min.s)		M. total (g)	M. frasco (g)	M. aliquota (g)	M suspens aliq (g)	M susp.total (g)
	10cm	20cm	Mt	Mfr	Mt-Mfr-D	Ms	Ms*Vp/20
0,062 - 0,031	00:29	00:58	9,9661	9,7956	0,1305	0,0757	3,7850
0,031 - 0,016	01:56	03:52	8,0833	7,9885	0,0548	0,0177	0,8850
0,016 - 0,008	07:44	15:28	7,9795	7,9024	0,0371	0,0124	0,6200
0,008 - 0,004	31:00	62:00	7,4320	7,3673	0,0247	0,0099	0,4950
<0,004	123:00	246:00	8,6488	8,5940	0,0148	0,0148	0,7400

**PENEIRAMENTO**

**CÁLCULOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA**

Granulometria (mm)	Massa (g)	M.corrig (g)	Prp.massa (%)	Prp.acumulada (%)	Wentworth	Krumbein (phi)
4,000 - 2,830	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo	
2,830 - 2,000	0,0610	0,0718	0,1197	0,1197	grânulo	
2,000 - 1,410	0,0124	0,0146	0,0243	0,1441	areia mt.grossa	
1,410 - 1,000	0,0056	0,0066	0,0110	0,1551	areia mt.grossa	
1,000 - 0,707	0,0297	0,0350	0,0583	0,2134	areia grossa	
0,707 - 0,500	0,2314	0,2725	0,4542	0,6675	areia grossa	
0,500 - 0,354	0,7335	0,8638	1,4397	2,1072	areia média	
0,354 - 0,250	2,8927	3,4066	5,6777	7,7850	areia média	
0,250 - 0,177	13,1065	15,4351	25,7252	33,5102	areia fina	
0,177 - 0,125	14,9416	17,5963	29,3271	62,8373	areia fina	
0,125 - 0,088	11,0264	12,9854	21,6424	84,4797	areia mt.fina	
0,088 - 0,062	1,3823	1,6279	2,7132	87,1928	areia mt.fina	
<0,062* (fundo)	0,0689	0,0811			silte/argila	
0,062 - 0,031	3,7850	4,4575	7,4291	94,6220	silte grosso	
0,031 - 0,016	0,8850	1,0422	1,7371	96,3590	silte médio	
0,016 - 0,008	0,6200	0,7302	1,2169	97,5760	silte fino	
0,008 - 0,004	0,4950	0,5829	0,9716	98,5475	silte mt. fino	
<0,004	0,7400	0,8715	1,4525	100,0000	argila	
<b>Total</b>	<b>50,9481</b>	<b>60,0000</b>	<b>100,0000</b>			

### 9.3 Análises Fluorescência Raios X

**Fluorescência de Raios X - Total**

PM	Fluorescência de Raios X - Total										JG-1a		LD			
	14-15m 1/2 2	34-35 1/2 6	49-50 1/2 9	61-65 1/2 12	61-85 1/2 16	79-100 1/2 19	2,4-25 3 2	35-40 3 5	54-55 3 8	69-70 3 11	84-85 3 14	94-95 3 16		Oblido	Recomendado	
06/759	66,92	76,58	69,14	82,25	79,05	78,78	48,94	85,47	72,23	75,44	75,24	75,09	77,68	72,77	72,19	0,03
	11,90	5,90	4,10	4,89	5,59	5,55	4,97	4,43	4,71	5,71	6,58	6,57	4,97	14,43	14,22	0,01
	0,077	0,089	0,079	0,088	0,064	0,064	0,094	0,072	0,107	0,101	0,068	0,067	0,071	0,060	0,06	0,002
	2,81	3,50	3,74	1,85	2,00	2,03	4,89	0,76	2,15	2,92	3,99	3,98	2,29	0,68	0,69	0,01
	0,87	1,82	8,91	1,62	2,64	2,62	17,48	0,23	6,60	2,52	1,09	1,08	3,26	2,10	2,13	0,01
	0,67	0,62	0,48	0,82	1,38	1,40	0,80	0,11	0,50	0,61	0,47	0,48	0,44	3,15	3,41	0,02
	3,13	1,78	0,97	1,59	1,70	1,69	1,54	1,34	1,37	1,62	2,00	2,00	1,59	3,91	4,01	0,01
	1,636	1,705	1,415	1,013	1,019	1,019	1,237	1,022	1,619	1,886	1,544	1,545	1,357	0,241	0,25	0,007
	0,136	0,082	0,165	0,073	0,118	0,118	0,198	0,015	0,089	0,108	0,056	0,055	0,051	0,086	0,08	0,003
	6,96	5,20	5,01	3,54	3,53	3,51	5,14	3,71	4,72	5,51	5,17	5,15	3,95	2,00	2,05	0,01
	4,65	2,41	6,00	1,35	2,29	2,29	14,91	2,13	5,83	2,52	3,54	3,38	3,91	0,59	0,59	0,01
	99,76	99,69	100,01	99,08	99,38	99,07	100,20	99,29	99,93	98,95	99,75	99,40	99,57	100,02	99,68	
<b>Total</b>																
Ba	726	569	379	528	540	534	388	413	472	757	482	472	442	453	458	37
Ce	59	37	54	48	56	40	43	< 35	< 35	44	41	< 35	< 35	15	45,2	35
Cl	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	397		50
Co	23	49	65	55	91	94	33	110	63	66	41	41	28	5	5,7	6
Cr	140	262	336	193	195	195	129	168	319	308	206	206	195	26	18,6	13
Cu	45	21	17	17	22	22	59	17	15	20	32	32	16	< 5	1,3	5
F	952	1371	927	902	766	597	1930	< 550	684	809	2024	1905	897	672	450	550
Ga	17	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	9	10	< 9	17	17	9
La	34	31	< 28	32	40	42	< 28	30	42	30	30	< 28	34	< 28	21,8	28
Nb	45	38	26	36	33	33	13	26	35	39	32	32	38	15	12	9
Nd	28	27	25	28	35	34	14	44	< 14	33	16	16	28	< 14	21	14
Ni	53	34	44	24	29	28	35	30	32	35	38	39	24	7	6,4	5
Pb	10	8	6	7	9	7	14	4	< 4	4	11	10	10	25	27	4
Rb	98	41	21	33	36	36	28	32	29	35	51	52	36	182	180	3
S	< 300	< 300	< 300	< 300	< 300	< 300	< 300	< 300	< 300	< 300	< 300	< 300	< 300	< 300	10	300
Sc	17	17	20	< 14	< 14	< 14	21	< 14	20	15	< 14	< 14	< 14	< 14	6,31	14
Sr	127	141	264	151	202	202	638	63	210	322	254	254	260	186	185	2
Th	7	< 7	10	< 7	< 7	< 7	8	< 7	8	< 7	< 7	< 7	< 7	11	12,1	7
U	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	10	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	3	4,7	3
V	100	107	102	92	94	92	114	55	94	134	103	87	94	24	23	9
Y	18	14	21	16	18	18	28	17	19	17	12	11	11	35	31,6	2
Zn	76	43	36	27	28	28	45	26	32	41	41	41	29	40	38,8	2
Zr	254	263	202	180	172	171	161	155	236	279	253	253	215	124	121	2

Fluorescência de Raios X - fração fina

	PM 1/2 06		PM 1/2 16		PM 3 02		PM 3 05		PM 3 08		PM 3 11		PM 3 16		JB 1a		LD	
	06/1087	06/1088	06/1089	06/1090	06/1091a	06/1091b	06/1092	06/1093	Obtido	Recomendado								
SiO2	47,88	48,90	53,49	45,93	44,54	44,76	53,26	52,43	52,13	52,16	0,03							0,03
Al2O3	11,45	10,76	18,62	11,13	10,39	10,36	11,70	12,70	14,41	14,51	0,01							0,01
MnO	0,117	0,188	0,247	0,152	0,171	0,171	0,122	0,142	0,147	0,15	0,002							0,002
MgO	8,61	7,60	3,54	6,13	6,22	6,28	10,25	8,79	7,91	7,75	0,01							0,01
CaO	8,90	5,01	1,34	11,03	11,68	11,72	2,03	4,42	9,33	9,23	0,01							0,01
Na2O	0,51	2,54	0,12	0,34	0,56	0,56	0,38	0,51	2,73	2,74	0,02							0,02
K2O	1,13	1,54	1,35	0,74	0,97	0,98	1,92	0,96	1,4	1,42	0,01							0,01
TiO2	1,852	3,201	2,321	1,835	2,049	2,046	2,320	1,992	1,298	1,3	0,007							0,007
P2O5	0,136	0,246	0,105	0,119	0,151	0,152	0,117	0,130	0,256	0,26	0,003							0,003
Fe2O3	6,73	11,31	9,70	8,64	8,99	9,01	9,00	7,43	9,07	9,1	0,01							0,01
Loi	12,41	7,89	8,94	13,80	13,97	13,97	7,55	9,30	1,1	1,1	0,01							0,01
Total	99,73	99,19	99,77	99,85	99,69	100,01	98,65	98,80	99,78									
Ba	536	993	743	602	1076	1077	499	559	525	497	37							37
Ce	127	465	56	109	133	135	136	471	68	66,1	35							35
Cl	56	410	< 50	339	< 50	< 50	65	< 50	167	170	50							50
Co	27	32	55	25	27	26	34	23	38	39,5	6							6
Cr	206	188	430	261	182	184	207	176	412	415	13							13
Cu	146	172	90	143	170	171	95	79	57	55,5	5							5
F	1392	1571	881	995	1324	1078	2737	854	< 550	385	550							550
Ga	13	15	20	10	11	12	19	10	18	18	9							9
La	46	127	425	43	55	57	52	130	33	38,1	28							28
Nb	46	132	58	52	61	61	53	94	25	27	9							9
Nd	48	146	541	50	46	62	78	187	27	25,5	14							14
Ni	74	95	115	77	70	70	96	74	143	140	5							5
Pb	38	32	47	51	40	38	24	43	< 4	7,2	4							4
Rb	29	35	40	18	22	22	56	22	39	41	3							3
S	< 300	< 300	< 300	< 300	< 300	< 300	< 300	< 300	< 300	9	300							300
Sc	26	55	49	45	42	41	18	31	30	27,9	14							14
Sr	283	561	101	275	755	750	489	854	453	443	2							2
Th	9	22	21	10	16	16	9	21	6	8,8	7							7
U	< 3	< 3	< 3	4	7	9	< 3	< 3	< 3	1,6	3							3
V	124	490	136	126	160	159	196	416	210	220	9							9
Y	24	94	156	20	29	29	21	63	24	24	2							2
Zn	131	172	126	129	148	149	115	118	81	82	2							2
Zr	219	542	313	231	277	274	287	361	142	146	2							2

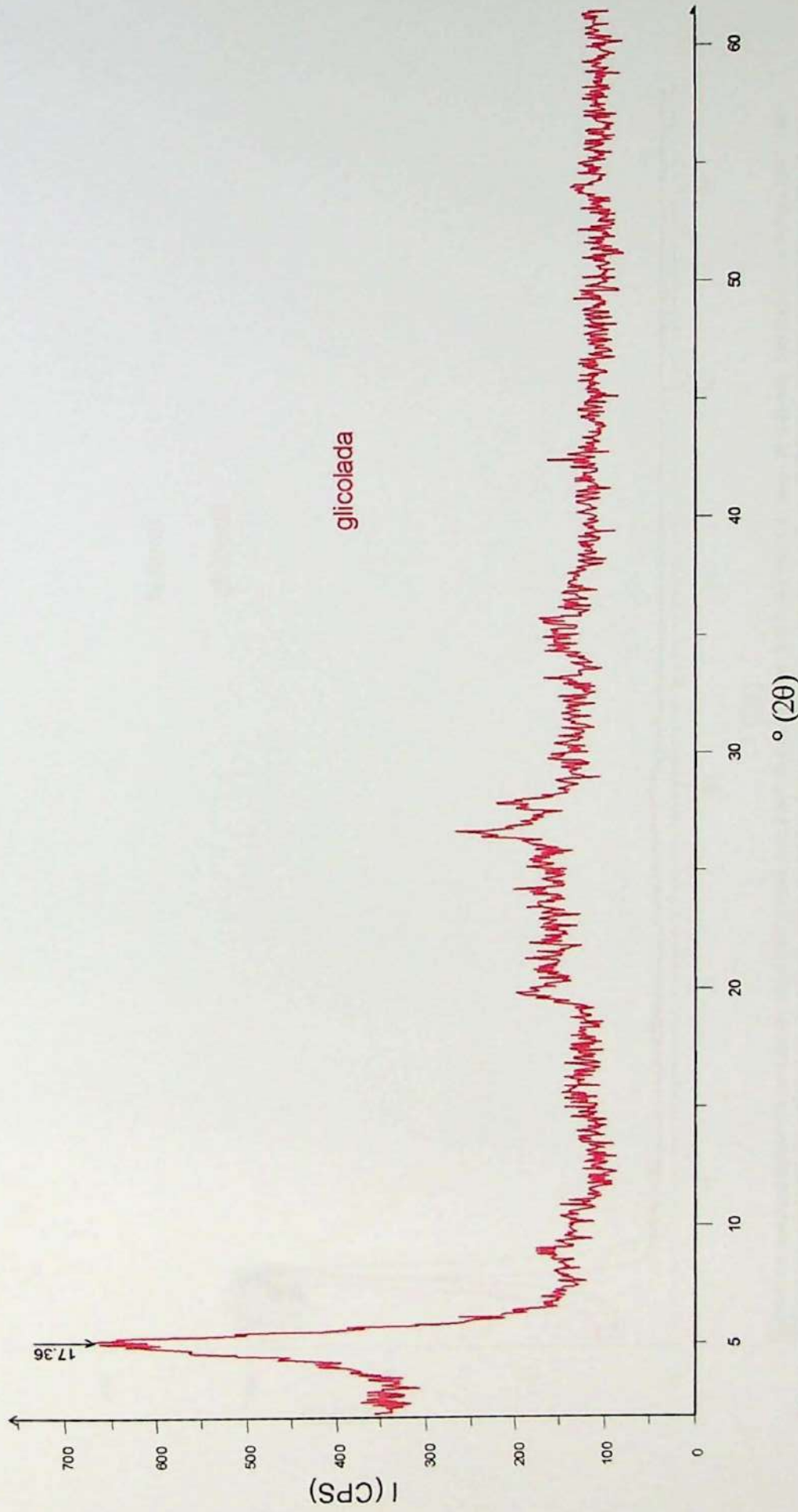
## 9.4 Análises Difração Raios X

### 9.4.1 Finos

PM 112-2

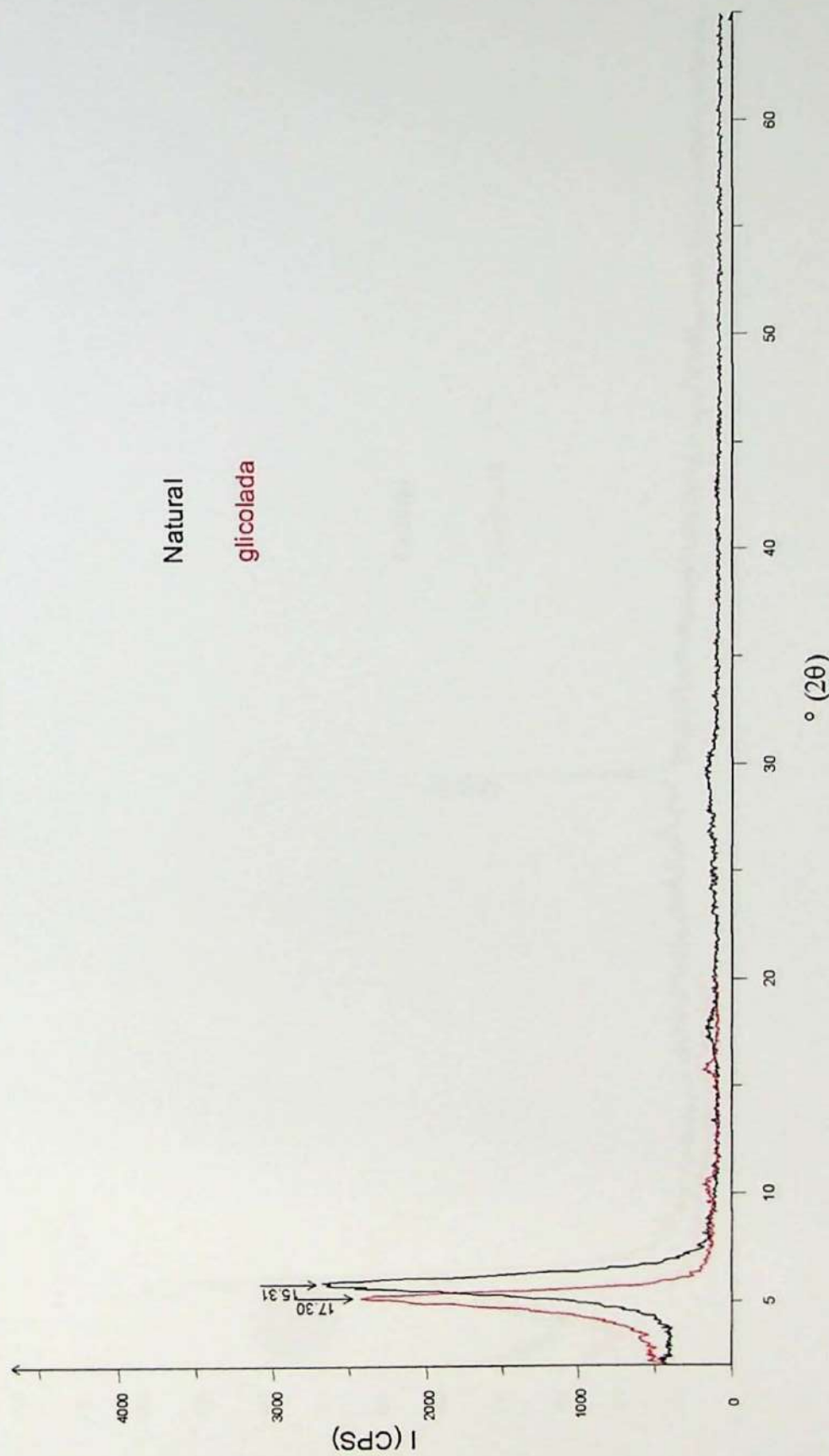


# PM 1/2-2



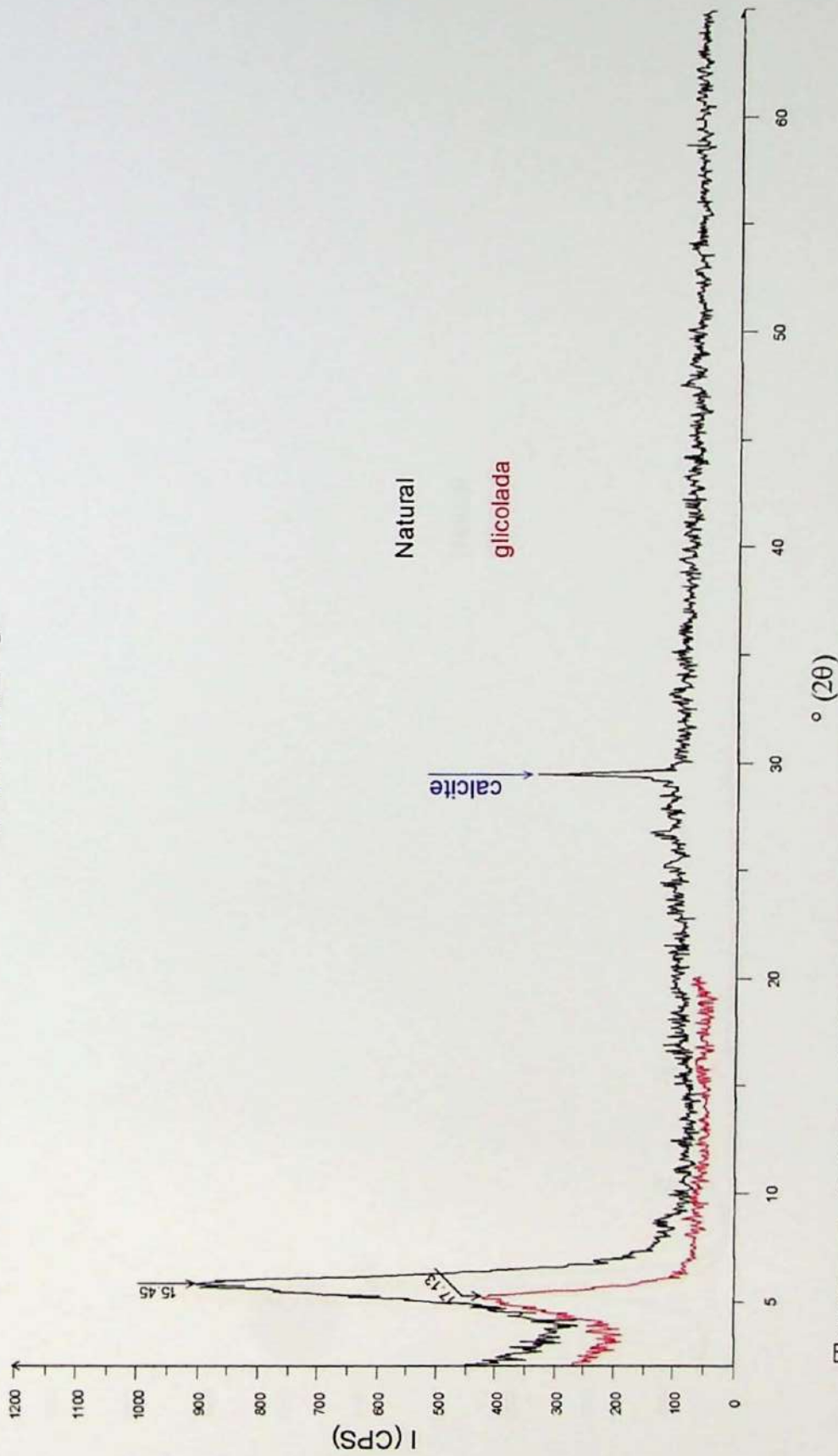
C:\data\leonard\pm122g.RAW - File: pm122g.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00 ° - End: 61.55 ° - Step: 0.05 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 16 s - 2-Theta: 2.00 ° - Theta: 1.00 °

# PM 1/2-6



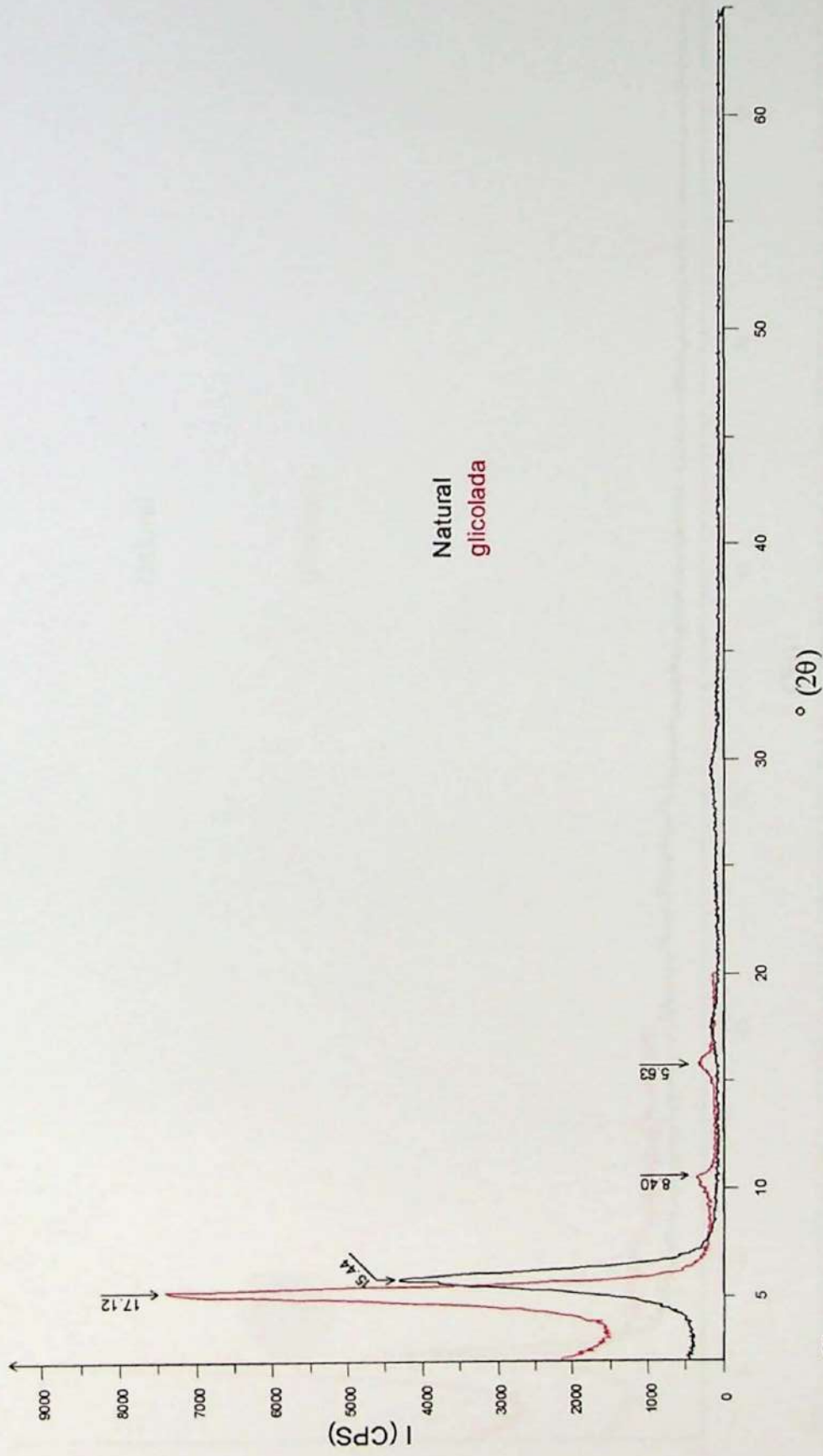
Legend:  
[ ] C:\DAT\Alleonardol\pm126.RAW - File: pm126.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00 $^{\circ}$  - End: 65.00 $^{\circ}$  - Step: 0.05 $^{\circ}$  - Step time: 1. s - Temp.: 25 $^{\circ}$ C (Room) - Time Started: 24 s - 2.Theta: 2.00 $^{\circ}$  - Thet  
[ ] C:\DAT\Alleonardol\7.RAW - File: pm126g.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00 $^{\circ}$  - End: 20.00 $^{\circ}$  - Step: 0.05 $^{\circ}$  - Step time: 1. s - Temp.: 25 $^{\circ}$ C (Room) - Time Started: 18 s - 2.Theta: 2.00 $^{\circ}$  - Thet: 1

# PM 1/2-9



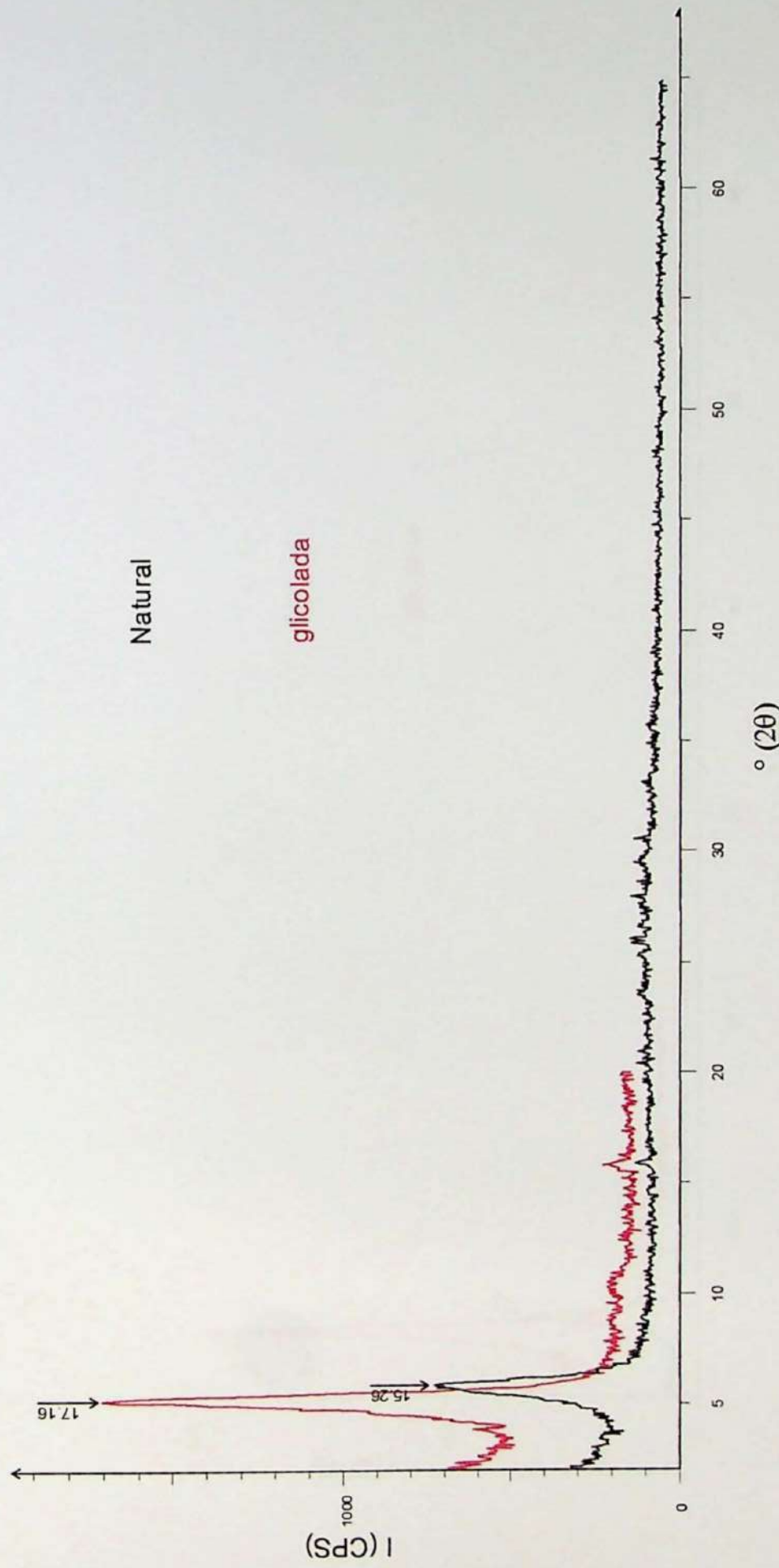
Legend:  
[Black line] C:\DAT\Alleonard\pm129 RAW - File: pm129 RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00 ° - End: 65.00 ° - Step: 0.05 ° - Step time: 1. s - Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 24 s - 2-Theta: 2.00 ° - Theta: 1  
[Red line] C:\DAT\Alleonard\8 RAW - File: pm129g RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00 ° - End: 20.00 ° - Step: 0.05 ° - Step time: 1. s - Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 18 s - 2-Theta: 2.00 ° - Theta: 1

# PM 1/2-12



\\C:\DATA\Aleconardol\pm1312.RAW - File: pm1312.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00 ° - End: 66.00 ° - Step: 0.05 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 18 s - 2.Theta: 2.00 ° - T  
\\C:\DATA\Aleconardol\9.RAW - File: pm1212g.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00 ° - End: 20.00 ° - Step: 0.05 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 18 s - 2.Theta: 2.00 ° - Theta 1

# PM 1/2-16

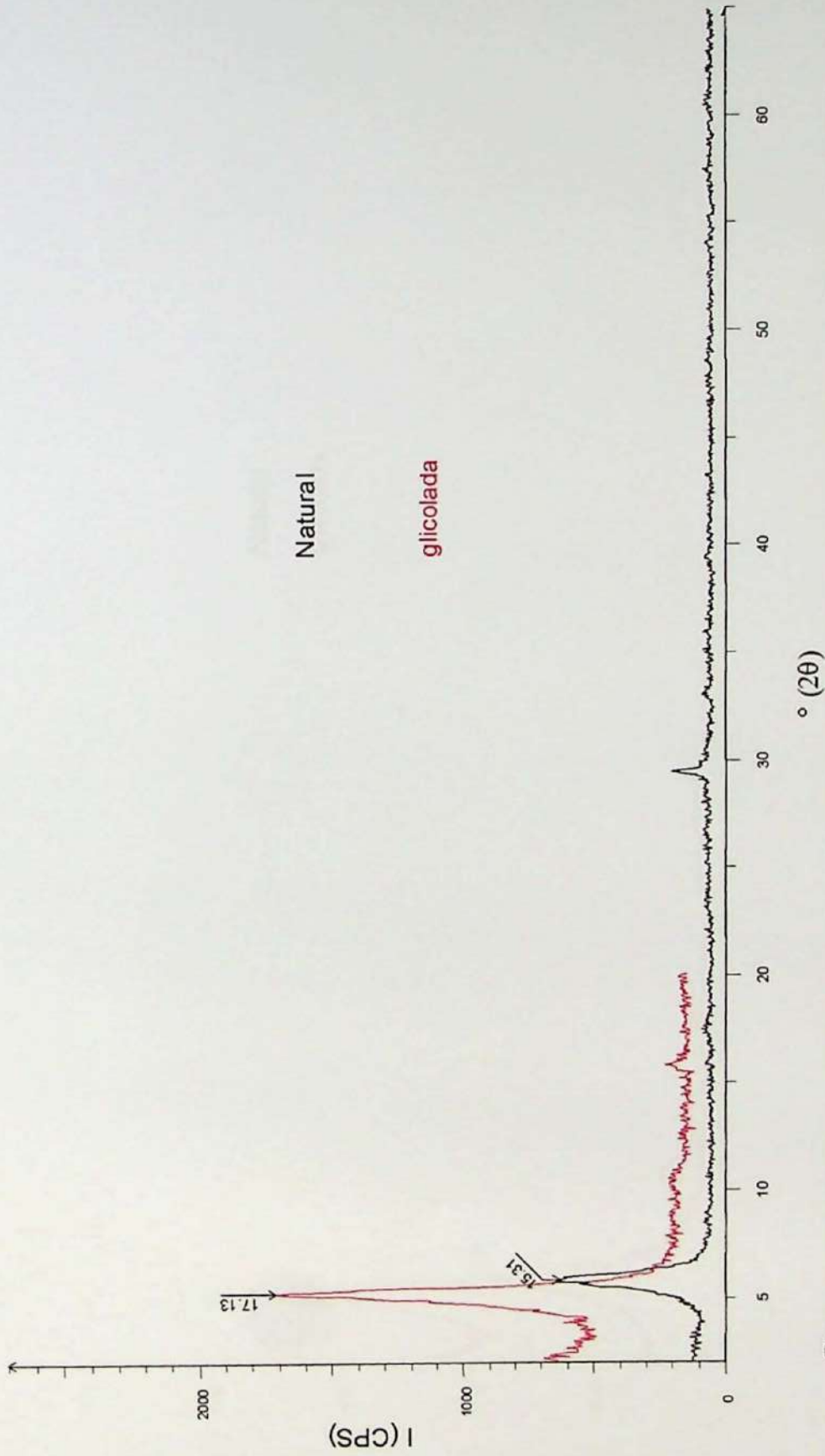


Natural

glicolada

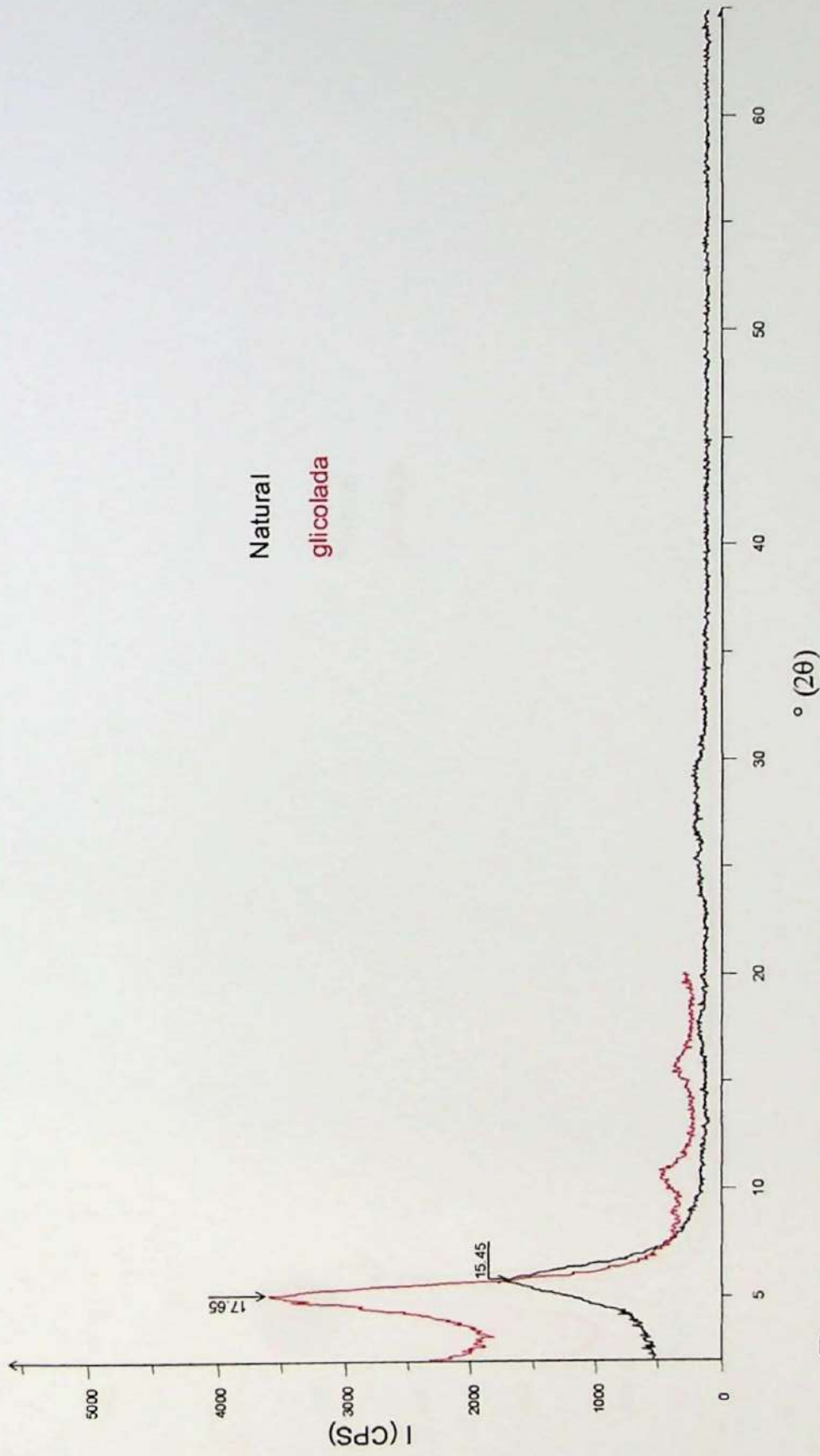
SWC:\DAT\Aleonardo\pm1316 RAW - File: pm1316 RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00 ° - End: 65.00 ° - Step: 0.05 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 18 s - 2-Theta: 2.00 ° - Theta: 1.00 °  
SWC:\DAT\Aleonardo\4 RAW - File: pm1216g RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00 ° - End: 20.00 ° - Step: 0.05 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 18 s - 2-Theta: 2.00 ° - Theta: 1.00 ° - Ph

# PM 1/2-19



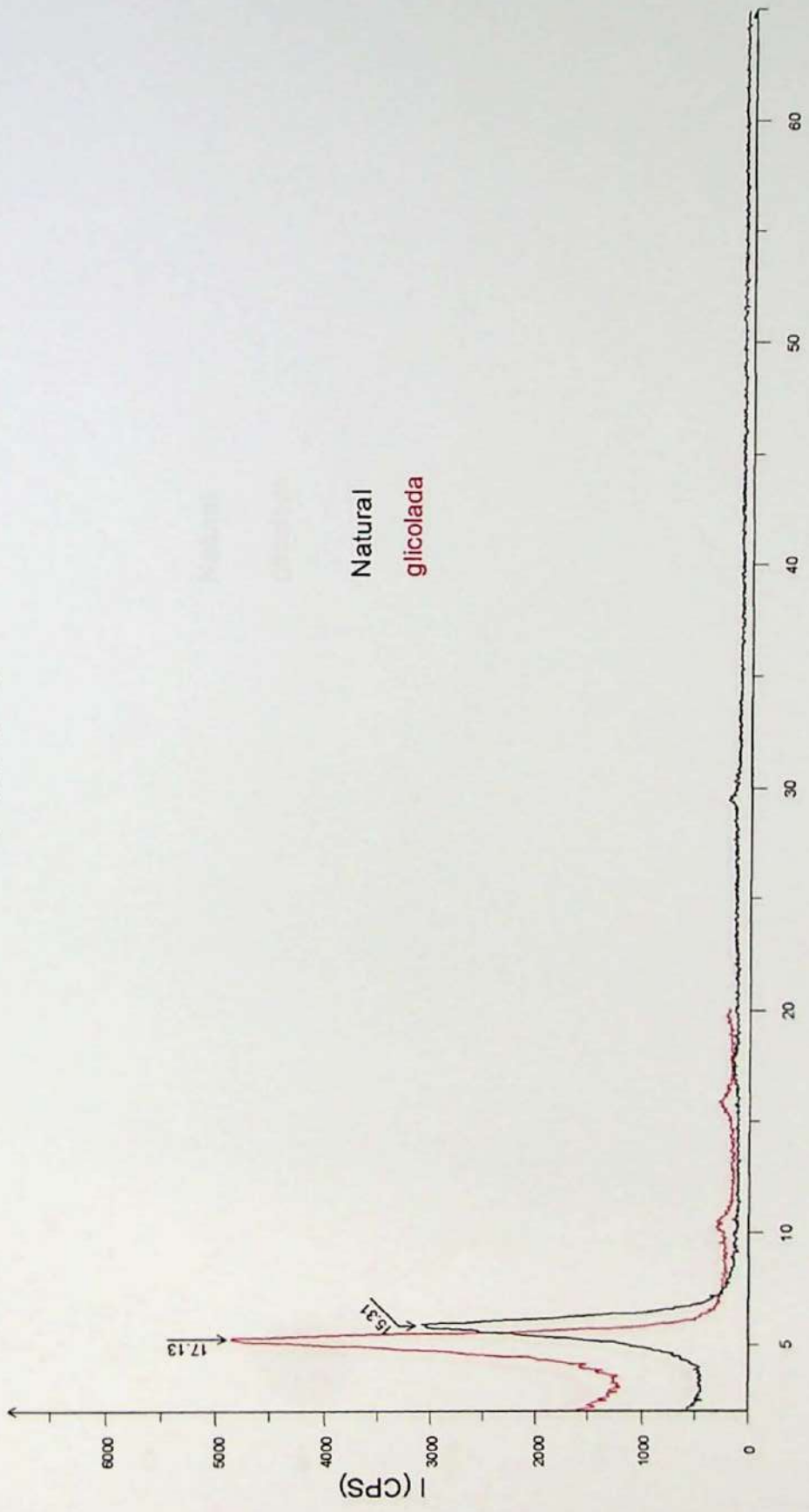
Legend:  
[Black line] C:\DAT\Alleonardolpm1319.RAW - File: pm1319.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00° - End: 66.00° - Step: 0.05° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 41 s - 2-Theta: 2.00° - T  
[Red line] C:\DAT\Alleonardol4.RAW - File: pm1216g.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00° - End: 20.00° - Step: 0.05° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 18 s - 2-Theta: 2.00° - Theta: 1

# PM 3-2



C:\DAT\Aleonard\pm32.RAW - File: pm32.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00° - End: 65.00° - Step: 0.05° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 24 s - 2:Theta: 2.00° - Theta: 17.65°  
C:\DAT\Aleonard\pm32g.RAW - File: pm32g.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00° - End: 20.00° - Step: 0.05° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 27 s - 2:Theta: 2.00° - Theta: 17.65°

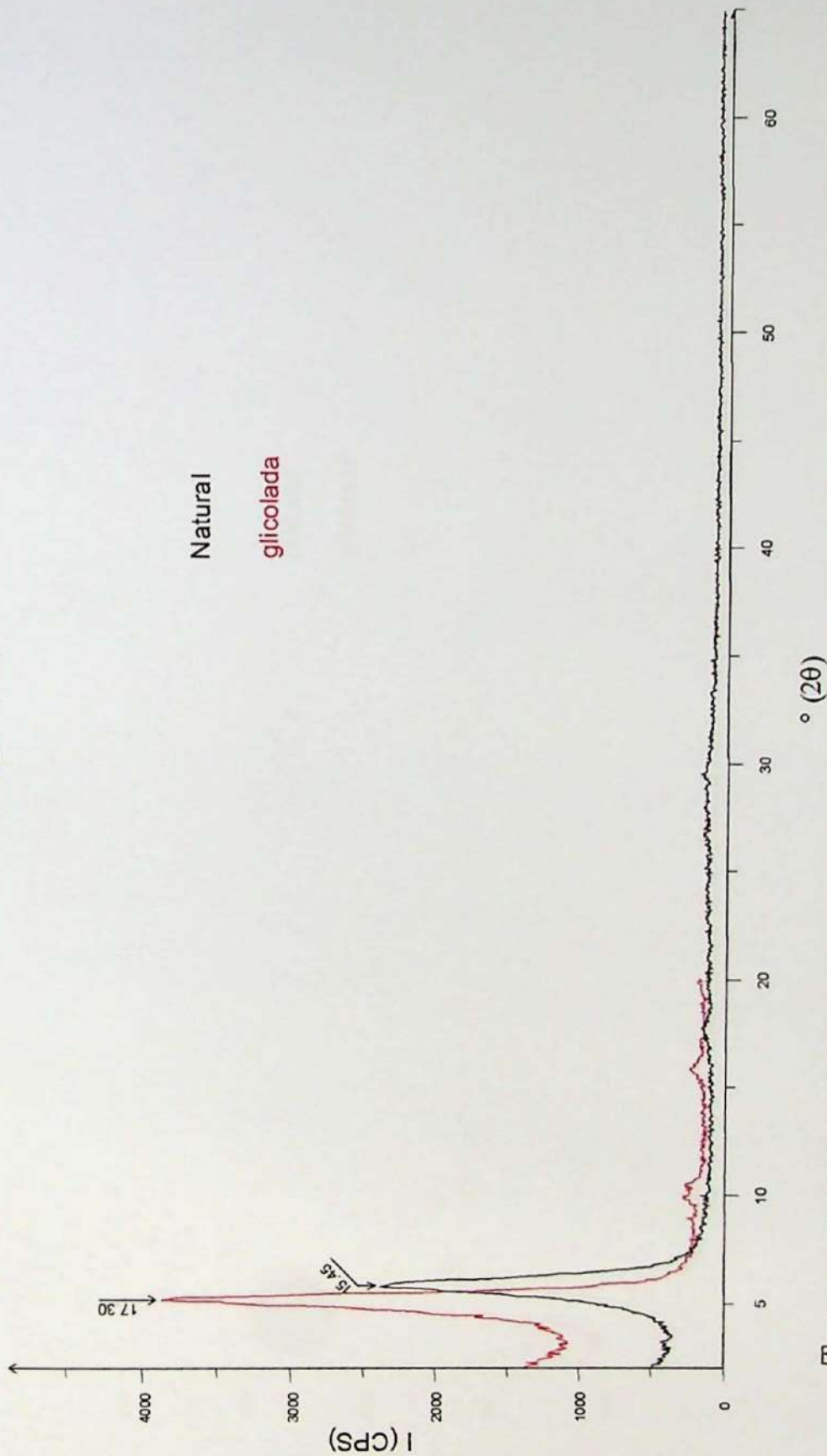
# PM 3-5



17.13  
16.31  
15.31

Legend:  
[Black] CIDAT/Alleonardol/pm35 RAW - File: pm35 RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00° - End: 65.00° - Step: 0.05° - Step time: 1. s - Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 18 s - 2-Theta: 2.00° - Theta:  
[Red] CIDAT/Alleonardol/pm35g RAW - File: pm35g RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00° - End: 20.00° - Step: 0.05° - Step time: 1. s - Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 18 s - 2-Theta: 2.00° - Theta:

# PM 3-8



Natural

glicolada

17.30  
15.45

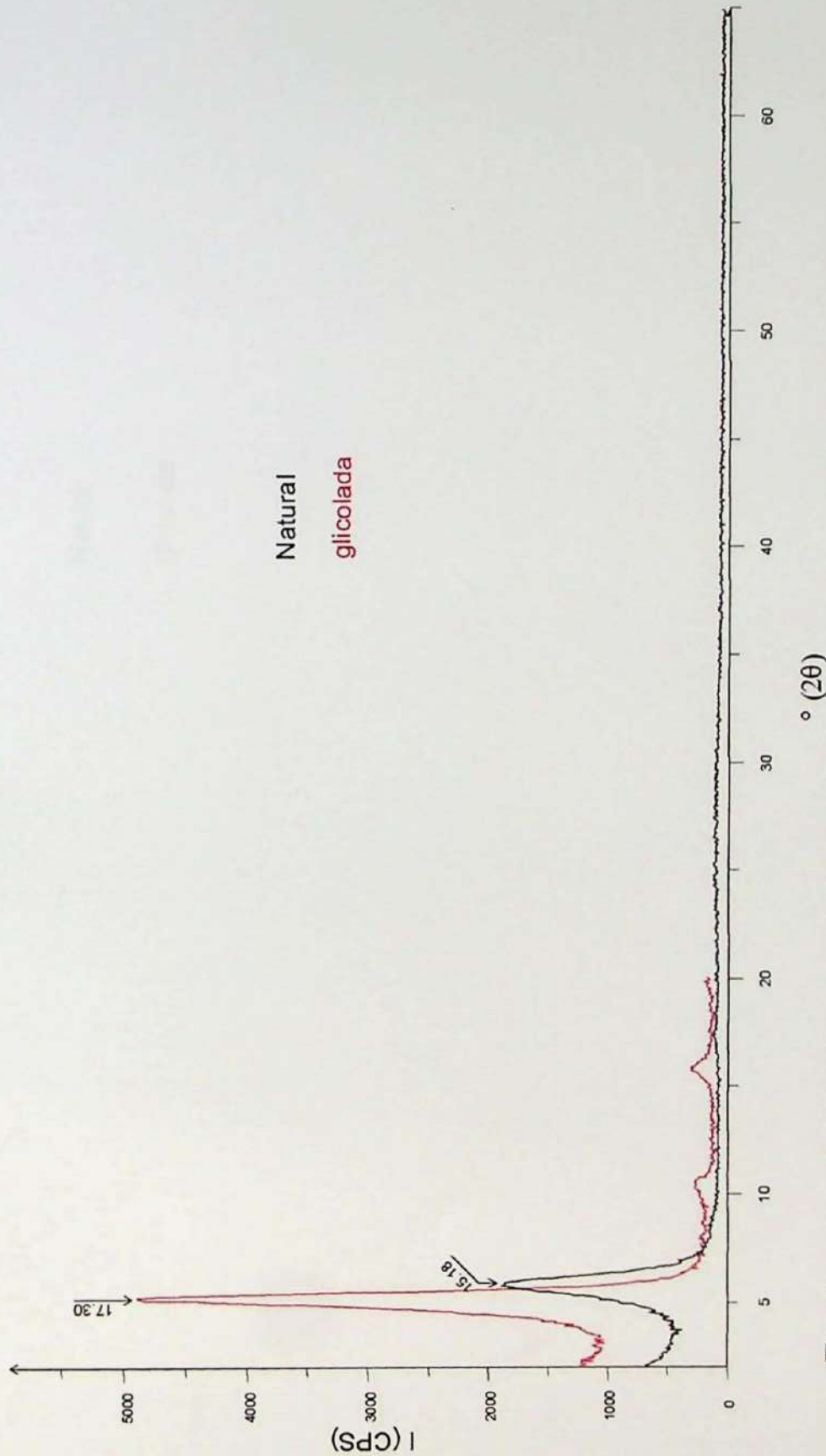
4000  
3000  
2000  
1000  
0

0 10 20 30 40 50 60

° (2θ)

1 C:\DAT\Alleonardo\pm38\_RAW - File: pm38 RAW - Type: 2ThTh locked - Start: 2.00 ° - End: 65.00 ° - Step: 0.05 ° - Step time: 1 s - Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 16 s - 2:Theta: 2.00 ° - Theta: 1.0  
2 C:\DAT\Alleonardo\11\_RAW - File: pm38g RAW - Type: 2ThTh locked - Start: 2.00 ° - End: 20.00 ° - Step: 0.05 ° - Step time: 1 s - Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 16 s - 2:Theta: 2.00 ° - Theta: 1.0

# PM 3-11

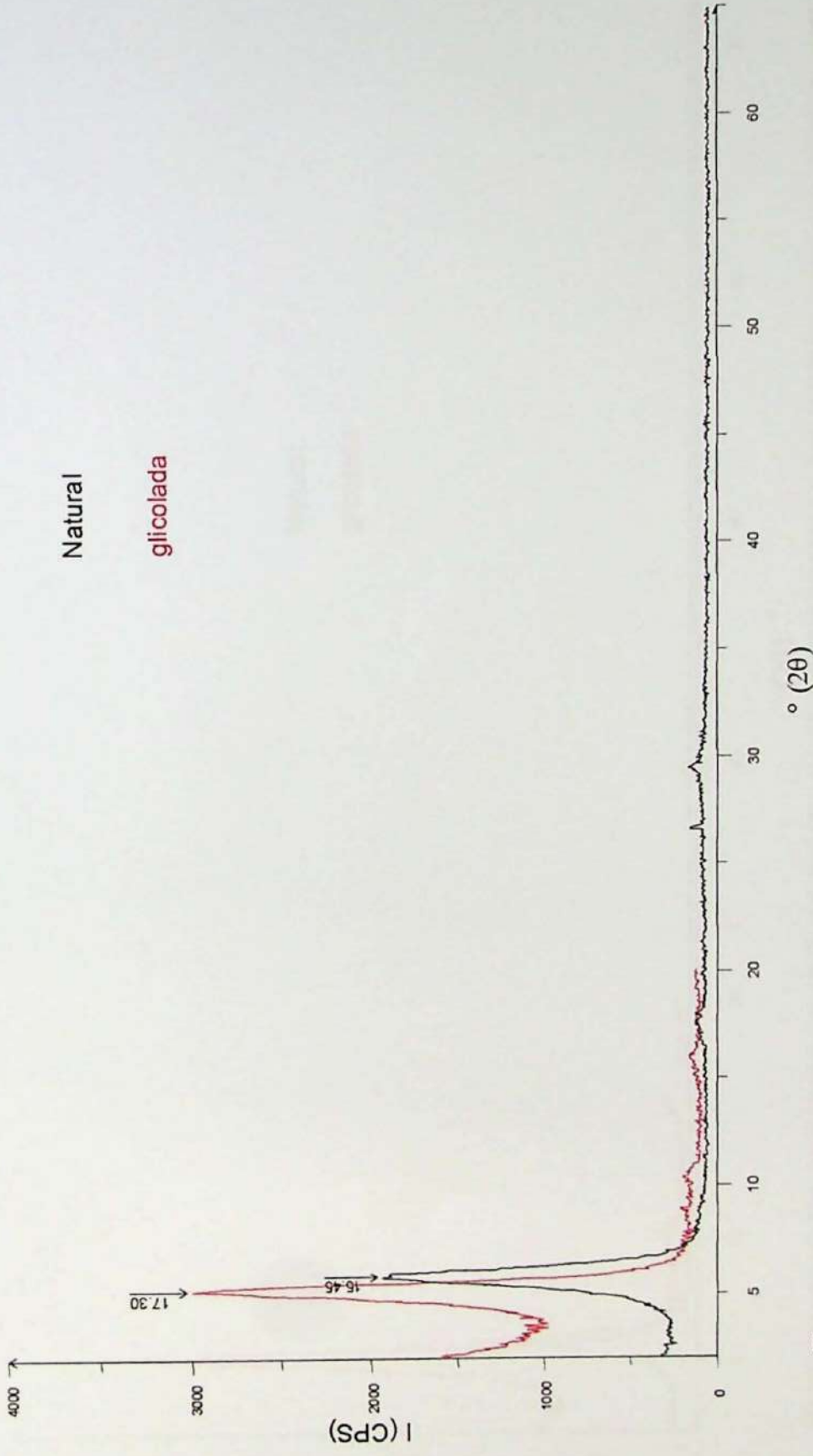


Legend:  
[Black line] C:\DAT\Aleconard\pm311 RAW - File: pm311g.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00° - End: 65.00° - Step: 0.05° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 18 s - 2.Theta: 2.00° - Theta: 1  
[Red line] C:\DAT\Aleconard\016 RAW - File: pm311g.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00° - End: 20.00° - Step: 0.05° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 18 s - 2.Theta: 2.00° - Theta: 1

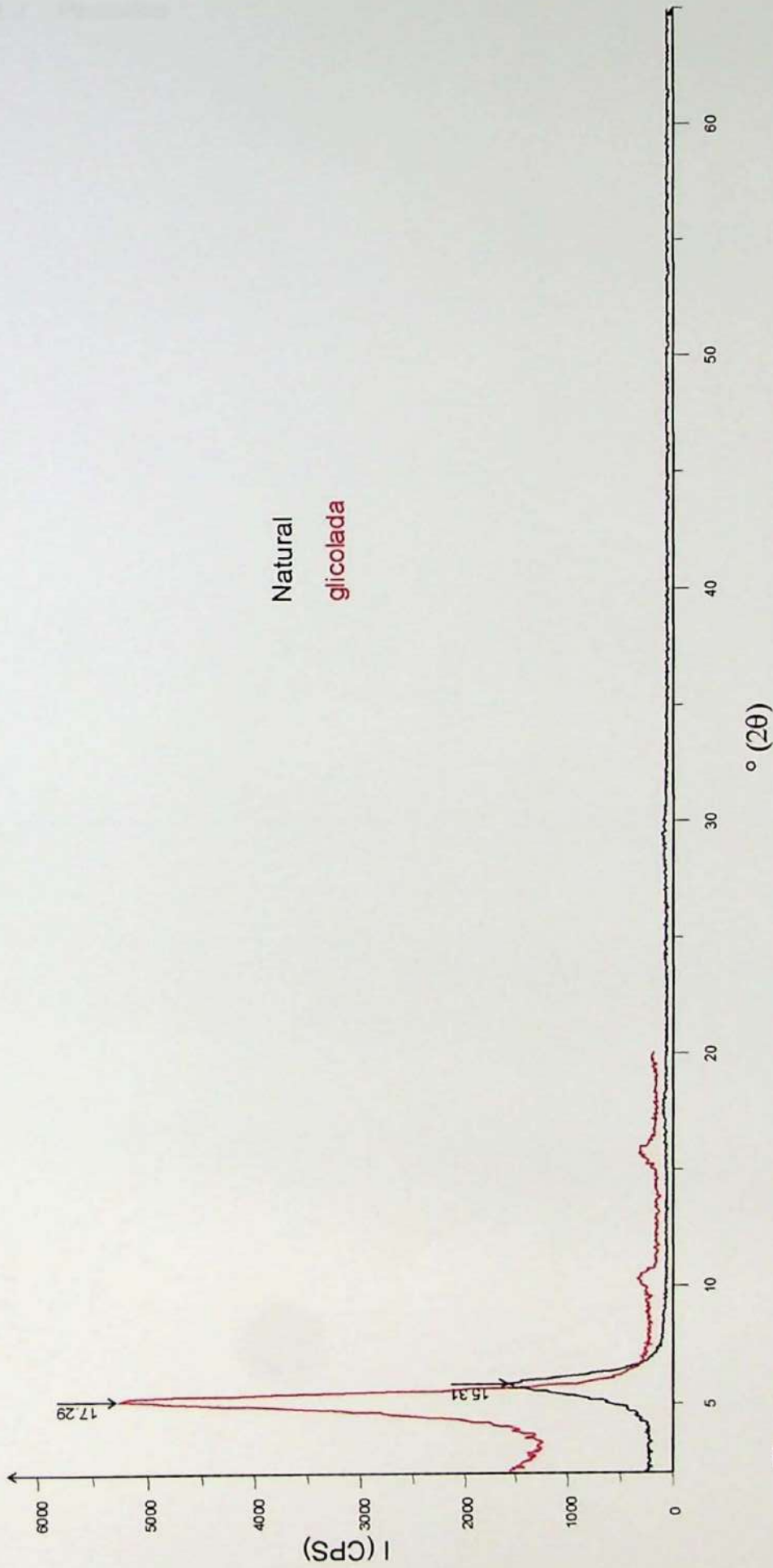
# PM 3-14

Natural

glicolada



# PM 3-16



Natural  
glicolada

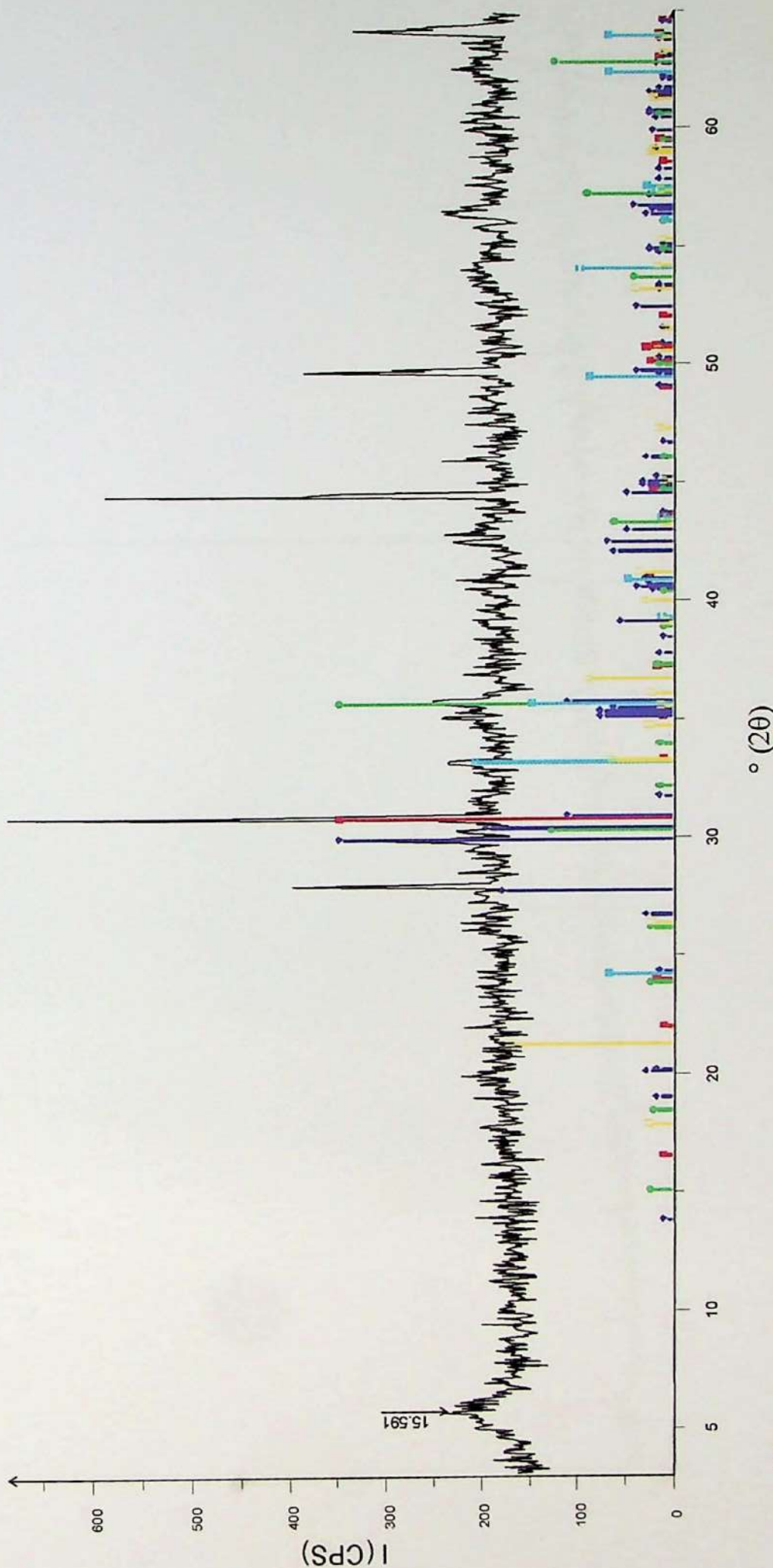
C:\DATA\leonardo\pm316 RAW - File: pm316 RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00 ° - End: 65.00 ° - Step: 0.05 ° - Step time: 1. s - Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 18 s - 2-Theta: 2.00 ° - Theta: 1.00 ° -  
C:\data\leonardo\pm316g RAW - File: pm316g RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.00 ° - End: 20.00 ° - Step: 0.05 ° - Step time: 1. s - Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 16 s - 2-Theta: 2.00 ° - Theta: 1.00 °

### 9.4.2 Pesados

PM 1+2-6-34m P

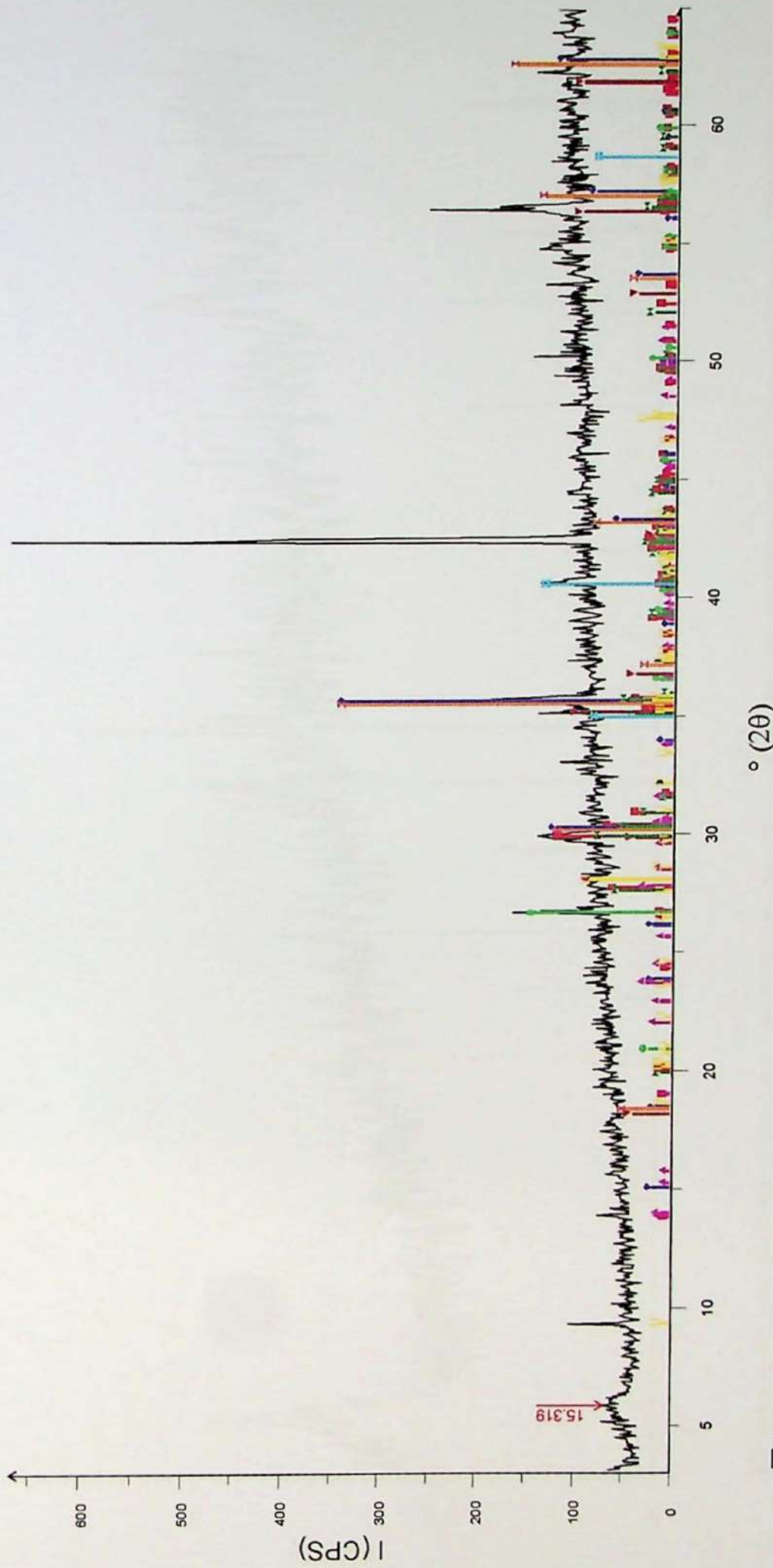


# PM 1-2-6-34m P



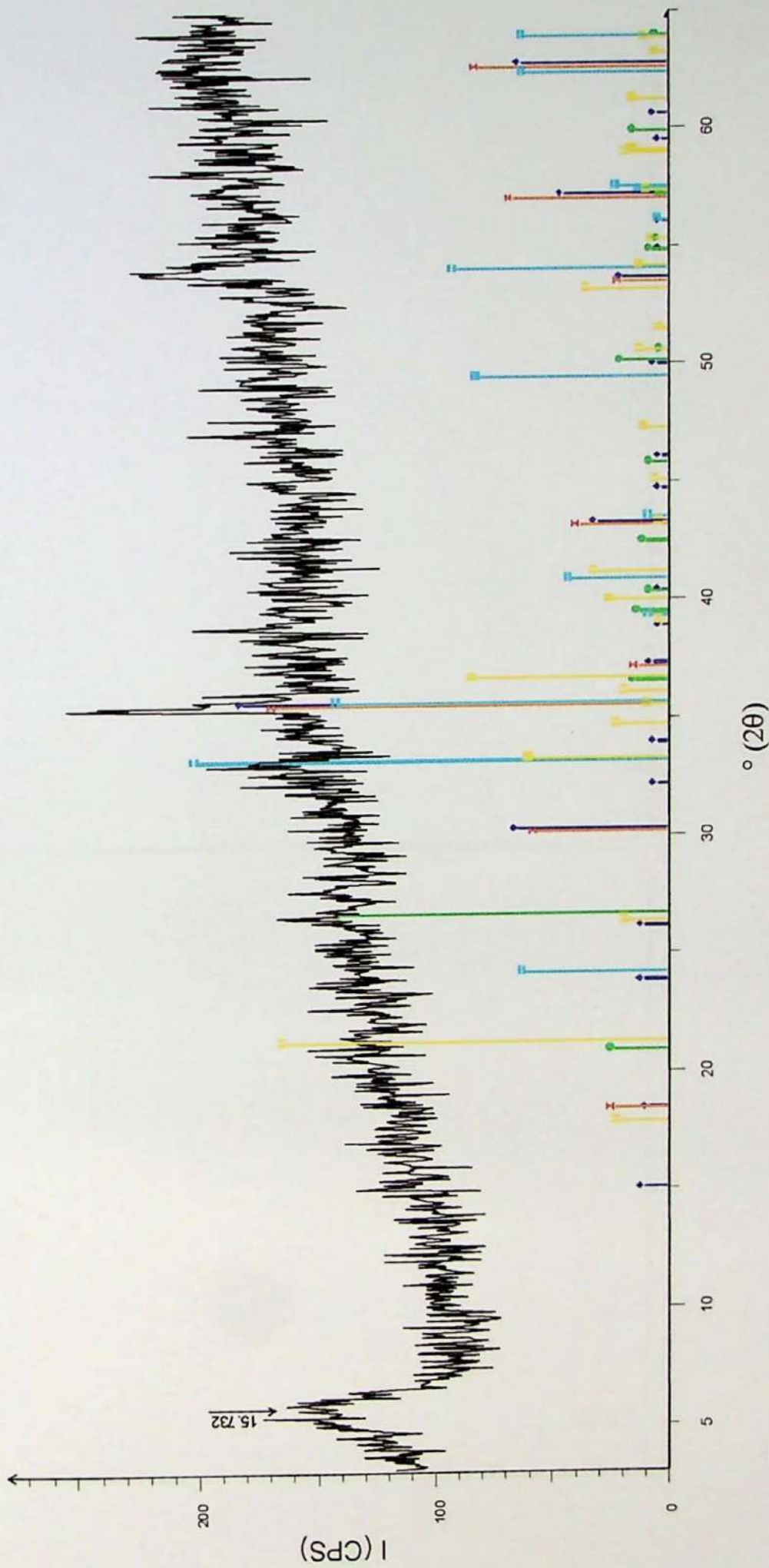
C:\data\reginaldo\1\_2\_6\_34m\_p\_RAW - File: 1\_2\_6\_34m\_p\_RAW - Type: 2 $\theta$ / $\theta$  locked - Start: 3.00° - End: 65.00° - Step: 0.05° - Temp.: 25°C (Room) - Time Started: 16 s - 2-Theta: 3.00° -  
 41-0586 (\*) - Ankerite - Ca(Fe+2,Mg)(CO3)2 - Y: 50.00% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Hexagonal (Rh) - a 4.8287 - b 4.82870 - c 16.152 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3 (148) - 3 -  
 41-1370 (\*) - Diopside - Ca(Mg,Al)(Si,Al)2O6 - Y: 50.00% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Monoclinic - a 9.732 - b 8.867 - c 5.2787 - alpha 90.000 - beta 105.92 - gamma 90.000 - Base-centred - C2c (15) - 4 - 438.  
 39-1346 (\*) - Maghemite-C, syn - Fe2O3 - Y: 50.00% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Cubic - a 8.35150 - b 8.35150 - c 8.35150 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - P4132 (213) - 10.667 - 582.  
 33-0664 (\*) - Hematite, syn - Fe2O3 - Y: 29.18% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Hexagonal (Rh) - a 5.0356 - b 5.03560 - c 13.7489 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 301.9  
 29-0713 (I) - Goethite - Fe+3O(OH) - Y: 23.87% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Orthorhombic - a 4.608 - b 9.956 - c 3.0215 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.618 - I/c P

# PM 1-2-16-84m P



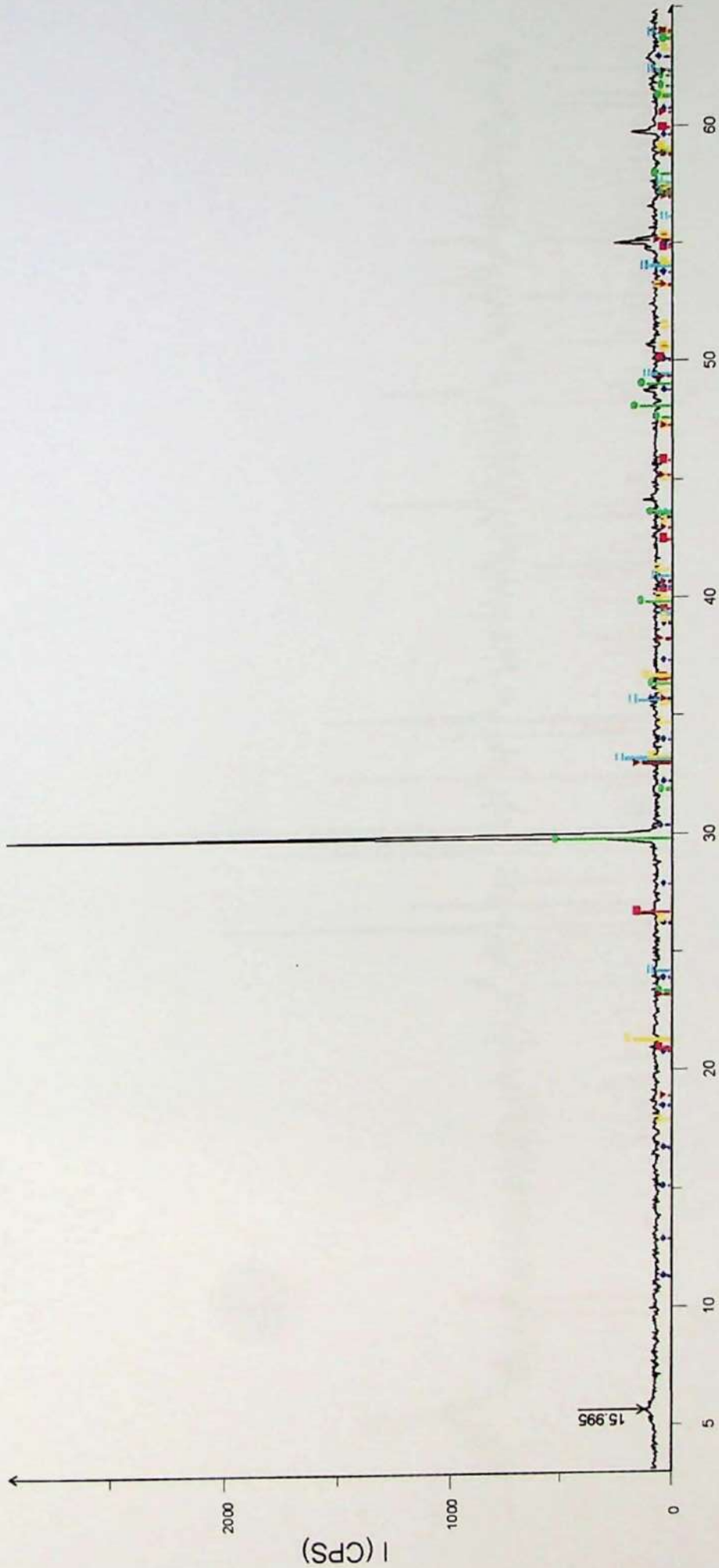
- C:\data\reginaldo\1\_2\_16\_84m\_p\_RAW - File: 1\_2\_16\_84m\_p\_RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.
- 41-1370 (\*) - Diopside - Ca(Mg,Al)(Si,Al)2O6 - Y: 16.67 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Monoclinic - a
- 39-1346 (\*) - Maghemite-C, syn - Fe2O3 - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Cubic - a 8.3515 - b
- 46-1045 (\*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 20.83 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Hexagonal - a 4.91344 - b 4.
- 10-0393 (\*) - Abite, disordered - Na(Si3Al)O8 - Y: 12.50 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Triclinic - a 8.1
- 31-0630 (l) - Manganochromite - (Mn+2,Fe+2)(Cr+3,V+3)O4 - Y: 14.06 % - d x by: 1. - WL: 1.54056
- 34-0140 (\*) - Chromite, syn - Fe+2Cr2O4 - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Cubic - a 8.3790 -
- 24-0203 (l) - Augite - Ca(Mg,Fe)Si2O6 - Y: 10.42 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Monoclinic - a 9.755 -
- 07-0230 (l) - Manganosite, syn - Mn+2O - Y: 18.75 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Cubic - a 4.445 - b
- 18-0276 (l) - Margarite-2M1 - CaAl2(Si2Al2)O10(OH)2 - Y: 12.50 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Mono

# PM 3-2-24m P



C:\data\reginaldo\3\_2\_24m\_p\_RAW - File: 3\_2\_24m\_p\_RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00° - End: 65.00° - Step: 0.05° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 16 s - 2-Theta: 3.00° - Thet  
 39-1346 (\*) - Magnetite-C, syn - Fe2O3 - Y: 71.23% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Cubic - a 8.35150 - b 8.35150 - c 8.35150 - gamma 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - P4132 (213) - 10.667 - 582.  
 46-1045 (\*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 54.78% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Hexagonal - a 4.91344 - b 4.91344 - c 5.40524 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3 - 113.010 - VI  
 34-0140 (\*) - Chromite, syn - Fe+2Cr2O4 - Y: 65.75% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Cubic - a 8.37900 - b 8.37900 - c 8.37900 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Face-centred - Fd-3m (227) - 8 - 588.2  
 33-0664 (\*) - Hematite, syn - Fe2O3 - Y: 78.69% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Hexagonal (Rh) - a 5.0356 - b 5.0356 - c 13.7469 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 301.9  
 29-0713 (l) - Goethite - Fe+3O(OH) - Y: 64.37% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Orthorhombic - a 4.608 - b 9.956 - c 3.0215 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.618 - I/c P

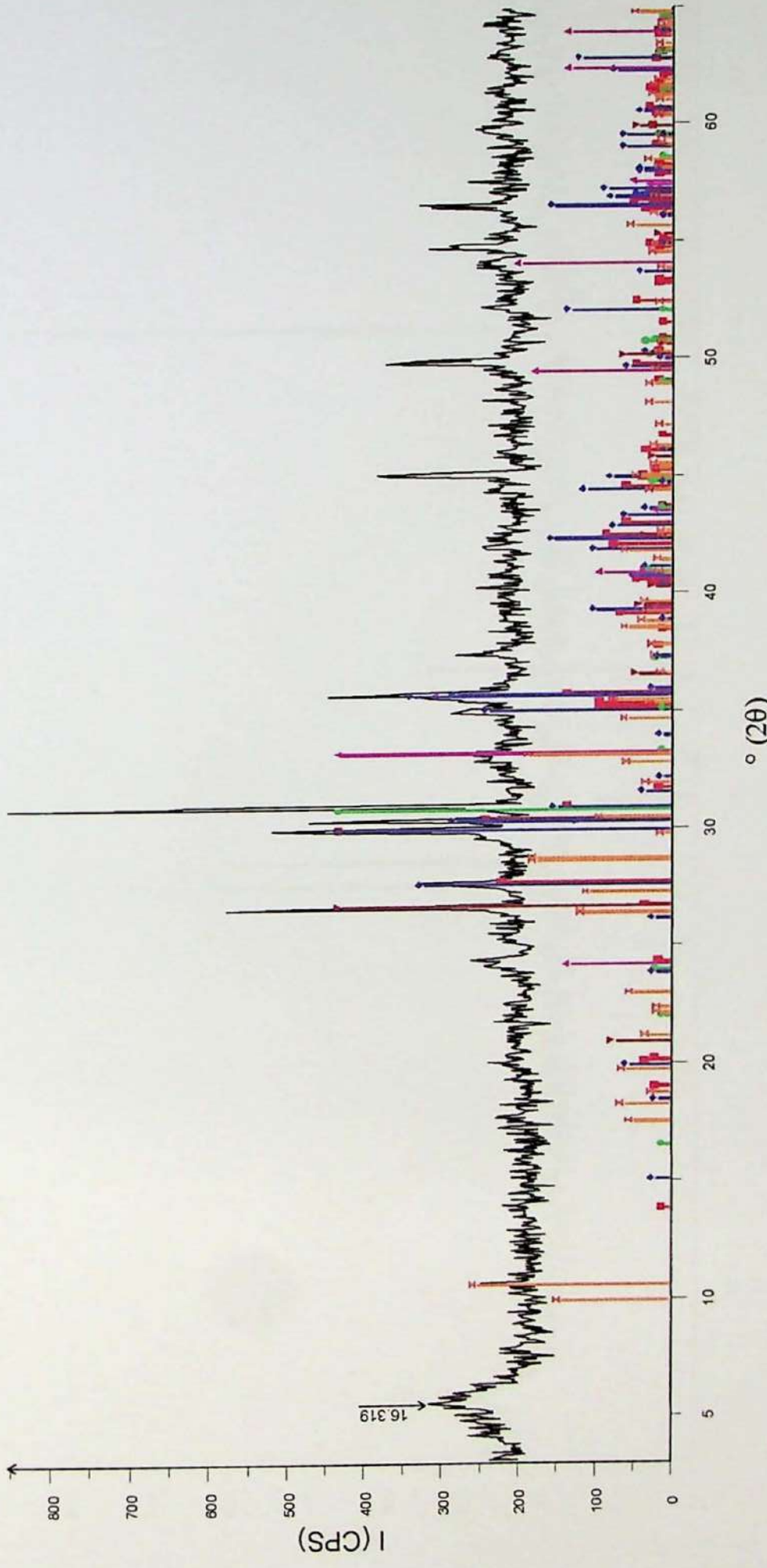
# PM 3-5-39m P



° (2θ)

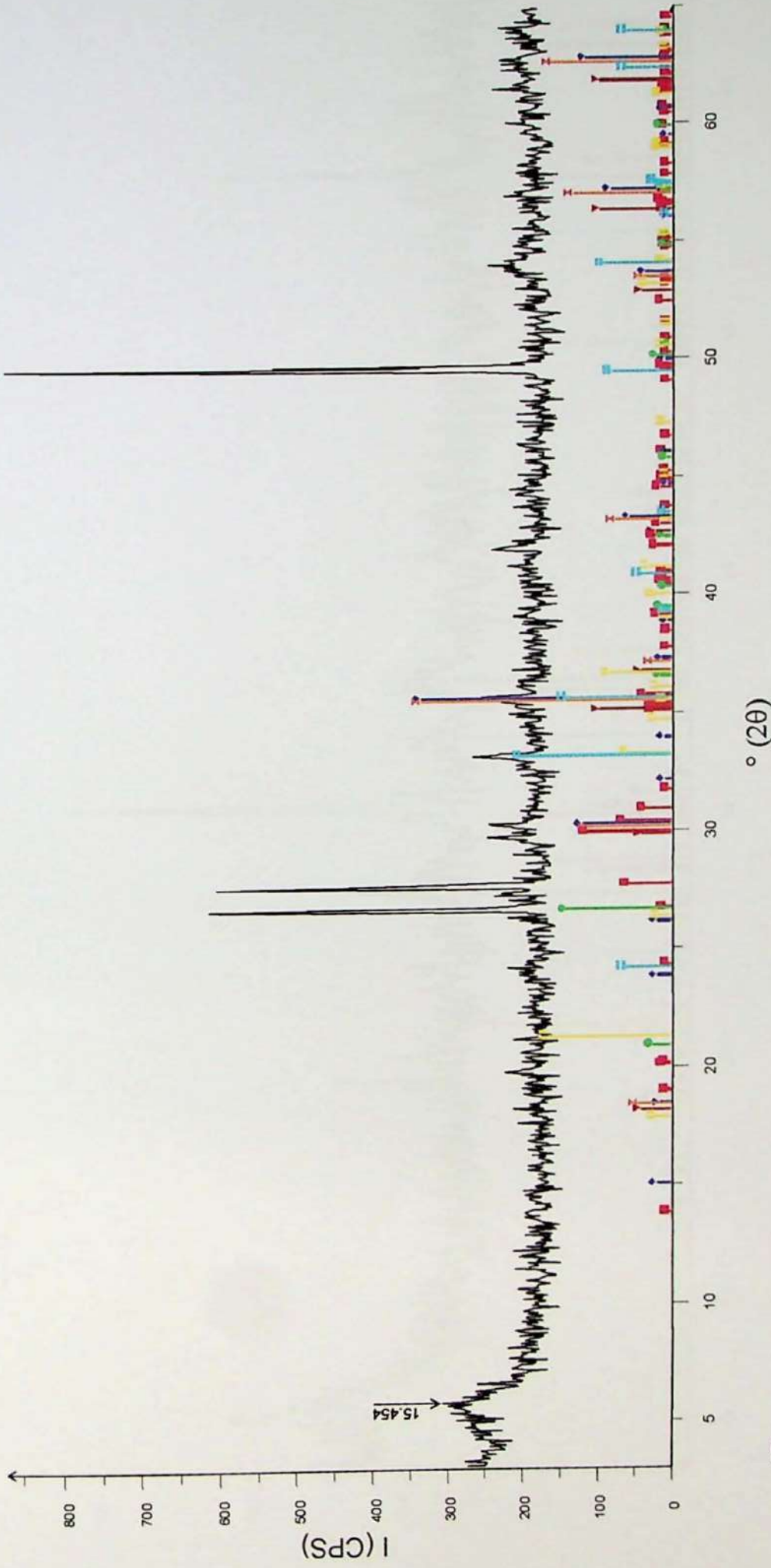
- C:\data\reginado3\_5\_39m\_p\_RAW - File: 3\_5\_39m\_p\_RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00 ° - End: 65.00 ° - Step: 0.05 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 16 s - 2:Theta 3.00 ° - Thet
- 46-1045 (\*) - Quartz, syn - SiO<sub>2</sub> - Y: 4.17 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Hexagonal - a 4.91344 - b 4.91344 - c 5.40524 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3 - 113.010 - I/c
- ◆ 25-1402 (l) - Magnetite-O, syn - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Y: 2.08 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Tetragonal - a 8.34 - b 8.34000 - c 25.02 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - P (0) - 32 - 1740.28 - I/c PDF
- ▤ 33-0664 (\*) - Hematite, syn - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Y: 6.83 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Hexagonal (Rh) - a 5.0356 - b 5.03560 - c 13.7489 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 301.92
- ▥ 29-0713 (f) - Goethite - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(OH) - Y: 5.58 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Orthorhombic - a 4.608 - b 9.956 - c 3.0215 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.618 - I/c P
- ▧ 43-0697 (\*) - Calcite, Mg-rich - (Ca,Mg)CO<sub>3</sub> - Y: 16.67 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Hexagonal (Rh) - a 4.9426 - b 4.94260 - c 16.852 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 -
- ▨ 41-1442 (\*) - Bixbyite-C, syn - Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Y: 4.17 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Cubic - a 9.4091 - b 9.40910 - c 9.40910 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Body-centred - Ia-3 (206) - 16 - 832.999 - I/

# PM 3-8-54m P



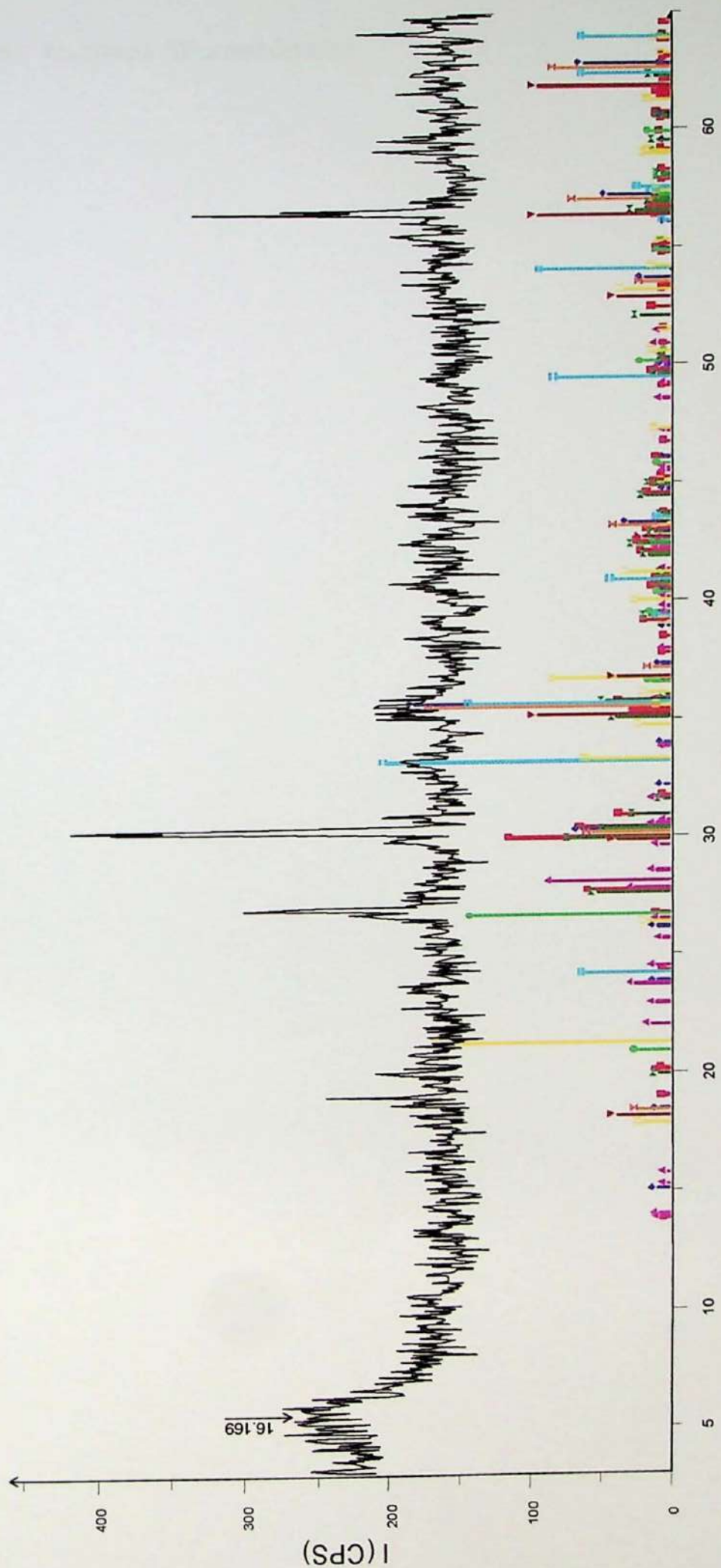
C:\data\reginald\3\_8\_54m\_p\_RAW - File: 3\_8\_54m\_p\_RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00° - End: 65.00° - Step: 0.05° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 16 s - 2-Theta: 3.00° - Thet
   
 41-1370 (\*) - Diopside - Ca(Mg,Al)(Si,Al)2O6 - Y: 50.00% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Monoclinic - a 9.732 - b 8.867 - c 5.2787 - alpha 90.000 - beta 105.92 - gamma 90.000 - Base-centred - C2c (15) - 4 - 438.
   
 24-0203 (l) - Augite - Ca(Mg,Fe)Si2O6 - Y: 50.00% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Monoclinic - a 9.755 - b 8.928 - c 5.204 - alpha 90.000 - beta 106.11 - gamma 90.000 - Base-centred - C2c (15) - 4 - 435.432 - I/c
   
 41-0586 (\*) - Ankerite - Ca(Fe,2,Mg)(CO3)2 - Y: 50.00% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Hexagonal (Rh) - a 4.8287 - b 4.82870 - c 16.152 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3 (148) - 3 -
   
 46-1045 (\*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Hexagonal - a 4.91344 - b 4.91344 - c 5.40524 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3 - 113.010 - VI
   
 33-0664 (\*) - Hematite, syn - Fe2O3 - Y: 50.00% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Hexagonal (Rh) - a 5.0356 - b 5.03560 - c 13.7489 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 301.9
   
 44-1402 (l) - Tremolite - Ca2Mg5Si8O22(OH)2 - Y: 29.17% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Monoclinic - a 9.829 - b 18.035 - c 5.274 - alpha 90.000 - beta 104.73 - gamma 90.000 - Base-centred - C2/m (12) - 2 - 90
   
 39-1346 (\*) - Magnetite-C, syn - Fe2O3 - Y: 39.11% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Cubic - a 8.3515 - b 8.35150 - c 8.35150 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - P4132 (213) - 10.667 - 582.

# PM 3-11-69m P



C:\data\reginaldo\3-11\_69M\_P\_RAW - File: 3-11\_69M\_P\_RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00° - End: 65.00° - Step: 0.05° - Step time: 1 s - Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 16 s - 2:Theta: 3.00° - Th  
 41-1370 (\*) - Dioxide - Ca(Mg,Al)(Si,Al)2O6 - Y: 12.77% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Monoclinic - a 9.732 - b 8.867 - c 5.2787 - alpha 90.000 - beta 105.92 - gamma 90.000 - Base-centred - C2c (15) - 4 - 438  
 39-1346 (\*) - Magnetite-C, syn - Fe2O3 - Y: 38.30% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Cubic - a 8.3515 - b 8.35150 - c 8.35150 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - P4132 (213) - 10.667 - 582  
 46-1045 (\*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 15.96% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Hexagonal - a 4.91344 - b 4.91344 - c 5.40524 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3 - 113.010 - VI  
 31-0630 (l) - Manganochromite - (Mn+2,Fe+2)(Cr+3,V+3)2O4 - Y: 10.77% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Cubic - a 8.47 - b 8.47000 - c 8.47000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Face-centred - Fd-3  
 34-0140 (\*) - Chromite, syn - Fe+2Cr2O4 - Y: 38.30% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Cubic - a 8.3790 - b 8.37900 - c 8.37900 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Face-centred - Fd-3  
 33-0664 (\*) - Hematite, syn - Fe2O3 - Y: 22.92% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Hexagonal (R $\bar{h}$ ) - a 5.0356 - b 5.03560 - c 13.7489 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 301.9  
 29-0713 (l) - Goethite - Fe+3O(OH) - Y: 18.75% - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Orthorhombic - a 4.608 - b 9.966 - c 3.0215 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.618 - Vc P

# PM 3-16-94m P



- C:\data\reginaldo\3-16\_94M\_P\_RAW - File: 3-16\_94M\_P\_RAW - Type: 2ThTh locked - Start: 3.00 ° -  
■ 33-0664 (\*) - Hematite, syn - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Y: 47.93 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Hexagonal (Rh) - a 5.03  
■ 41-1370 (\*) - Diopside - Ca(Mg,A)Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub> - Y: 26.70 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Monoclinic - a  
◆ 39-1346 (\*) - Magnetite-C, syn - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Y: 43.39 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Cubic - a 8.3515 - b  
◆ 46-1045 (\*) - Quartz, syn - SiO<sub>2</sub> - Y: 33.37 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Hexagonal - a 4.91344 - b 4.  
▲ 10-0393 (\*) - Albite, disordered - Na(SiAl)O<sub>8</sub> - Y: 20.02 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Triclinic - a 8.1  
▲ 31-0630 (l) - Manganochromite - (Mn+2,Fe+2)(Cr+3,V+3)O<sub>4</sub> - Y: 22.52 % - d x by: 1. - WL: 1.54056  
▲ 34-0140 (\*) - Chromite, syn - Fe+2Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> - Y: 40.05 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Cubic - a 8.3790 -  
▲ 24-0203 (l) - Augite - Ca(Mg,Fe)Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub> - Y: 16.69 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Monoclinic - a 9.755 -

## 9.5 Análises Microscópicas

## Análises Petrográficas

Amostra	PM 01/02 - 9		
Estimativa modal dos componentes:	Arcabouço	82%	Cimento: 8%
			Poros: 10%
<b>ARCABOUÇO</b>			
<b>Mineralogia (% na fração):</b>			
Quartzo (%)	73		
Feldspato (%)	3		
Pesados (%)	22		
Lífticos Instáveis (%)	2		
<b>Textura</b>			
Granulometria modal:	0,25mm com grânulos de até 10 mm		
Desvio Padrão:	1,1		
Seleção Granulométrica:	mal selecionada		
Arredondamento:	subarredondado		
<b>Petrotrama</b>			
Orientação:	não há		
<b>MATRIZ</b>			
Não há			
<b>CIMENTO</b>			
Mineralogia (% na fração):			
Cutícula Argilo-ferruginosa:	50		
Calcita:	50		
Compactação química:	tangencial e plana (pouca)		
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>			
Maturidade Mineralógica:	Supermatura		
Maturidade Textural:	Submatura		
Classificação Petrográfica:	Quartzo arenito		

## Análises Petrográficas

Amostra	PM 01/02 12				
Estimativa modal dos componentes:		Arcabouço: 85%	Matriz: 0%	Cimento: 6%	Poros: 9%
<b>ARCABOUÇO</b>					
<b>Mineralogia (% na fração):</b>					
Quartzo (%)	85				
Feldspato (%)	5				
Pesados (%)	10				
<b>Textura</b>					
Granulometria modal:	0,25mm				
Desvio Padrão:	0,4				
Seleção Granulométrica:	bem selecionada				
Arredondamento:	subarredondada a arredondada				
<b>Petrotrama</b>					
Orientação:	Não há				
<b>MATRIZ</b>					
Não há					
<b>CIMENTO</b>					
Mineralogia (% na fração):	100				
Cutícula Argilo-ferruginosa:	100				
Compactação química:	tangencial				
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>					
Maturidade Mineralógica:	Supermatura				
Maturidade Textural:	Submatura				
Classificação Petrográfica:	Quartzo arenito				



# Análises Petrográficas

Amostra	PM 03 2	Arcabouço:	82%	Matriz:	0%	Cimento:	8%	Poros:	10%
<b>ESTIMATIVA MODAL DOS COMPONENTES:</b>									
<b>ARCABOUÇO</b>									
<b>Mineralogia (% na fração):</b>									
Quartzo (%)	76								
Feldspato (%)	4								
Pesados (%)	20								
<b>TEXTURA</b>									
Granulometria modal:	0,1 mm com grãos de 0,25 mm								
Desvio Padrão:	0,7								
Seleção Granulométrica:	moderadamente selecionada								
Arredondamento:	subarredondado								
<b>PETROGRAMA</b>									
Orientação:	Não há								
<b>MATRIZ</b>									
Não há									
<b>CIMENTO</b>									
Mineralogia (% na fração):									
Cutícula Argilo-ferruginosa:	85								
Calcita:	15								
Compactação química:									
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>									
Maturidade Mineralógica:	Supermatura								
Maturidade Textural:	Submatura								
Classificação Petrográfica:	Quartzo arenito								

## Análises Petrográficas

<b>Amostra</b>	PM 03 5	<b>Estimativa modal dos componentes:</b>	Arcabouço: 78%	Cimento: 15%	Poros: 7%
<b>ARCABOUÇO</b>					
<b>Mineralogia (% na fração):</b>					
Quartzo (%)	80				
Feldspato (%)	5				
Pesados (%)	15				
<b>Textura</b>					
<b>Granulometria modal:</b>	Bimodal 0,1 mm e 0,25 mm				
<b>Desvio Padrão:</b>	0,6				
<b>Seleção Granulométrica:</b>	moderada				
<b>Arredondamento:</b>	subarredondado				
<b>Petrotrama</b>					
<b>Orientação:</b>	Não há				
<b>MATRIZ</b>					
Não há					
<b>CIMENTO</b>					
<b>Mineralogia (% na fração):</b>					
Cutícula Argilo-ferruginosa:	60				
Calcita:	40				
<b>Compacção química:</b>	planar e tangencial				
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>					
<b>Maturidade Mineralógica:</b>	Supermatura				
<b>Maturidade Textural:</b>	Submatura				
<b>Classificação Petrográfica:</b>	Quartzo arenito				

## Análises Petrográficas

<b>Amostra</b>	PM 03 8				
<b>Estimativa modal dos componentes:</b>		Arcabouço: 84%	Matriz: 0%	Cimento: 12%	Poros: 4%
<b>ARCABOUÇO</b>					
<b>Mineralogia (% na fração):</b>					
Quartzo (%)	91				
Feldspato (%)	4				
Pesados (%)	5				
<b>Textura</b>					
<b>Granulometria modal:</b>	bimodal - 0,1 mm e 0,22mm				
<b>Desvio Padrão:</b>	0,6				
<b>Seleção Granulométrica:</b>	moderadamente selecionada				
<b>Arredondamento:</b>	arredondada				
<b>Petrotrama</b>					
<b>Orientação:</b>	Não há				
<b>MATRIZ</b>					
Não há					
<b>CIMENTO</b>					
<b>Mineralogia (% na fração):</b>					
Cutícula Argilo-ferruginosa:	35				
Calcita:	65				
<b>Compactação química:</b>	tangencial				
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>					
<b>Maturidade Mineralógica:</b>	Supermatura				
<b>Maturidade Textural:</b>	Submatura				
<b>Classificação Petrográfica:</b>	Quartzo arenito				

## Análises Petrográficas

Amostra	PM 03 14				
Estimativa modal dos componentes:		Arcabouço: 82%	Matriz: 0%	Cimento: 8%	Poros: 10%
<b>ARCABOUÇO</b>					
<b>Mineralogia (% na fração):</b>					
Quartzo (%)	85				
Feldspato (%)	5				
Pesados (%)	10				
<b>Textura</b>					
Granulometria modal:	bimodal - 0,1 mm e 0,3 mm				
Desvio Padrão:	0,6				
Seleção Granulométrica:	moderadamente selecionada				
Arredondamento:	arredondada				
<b>Petrotrama</b>					
Orientação:	Não há				
<b>MATRIZ</b>					
Não há					
<b>CIMENTO</b>					
Mineralogia (% na fração):	95				
Cutícula Argilo-ferruginosa:	5				
Calcita:					
Compactação química:	planar e pontual				
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>					
Maturidade Mineralógica:	Supermatura				
Maturidade Textural:	Submatura				
Classificação Petrográfica:	Quartzo arenito				

# Análises Petrográficas

Amostra	PM 03 16	Arcabouço:	80	Matriz:	0%	Cimento:	10%	Poros:	10%
<b>ARCABOUÇO</b>									
<b>Mineralogia (% na fração):</b>									
Quartzo (%)			69						
Feldspato (%)			6						
Pesados (%)			22						
Fragmentos Líticos Instáveis (%)			3						
<b>Textura</b>									
Granulometria modal:			0,2 mm						
Desvio Padrão:			0,6						
Seleção Granulométrica:			moderadamente selecionada						
Arredondamento:			Arredondado						
<b>Petrotrama</b>									
Orientação:			Não há						
<b>MATRIZ</b>									
Não há									
<b>CIMENTO</b>									
Mineralogia (% na fração):									
Cutícula Argilo-ferruginosa:			85						
Calcita:			15						
Compacção química:			tangencial						
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>									
Maturidade Mineralógica:			Supermatura						
Maturidade Textural:			Submatura						
Classificação Petrográfica:			Quartzo arenito						

DOAÇÃO

IGC-USP

Data: 07/05/08

