

06 - BIOTITA-XISTO DA SUÍTE INTRUSIVA TRACUATEUA DO NORDESTE DO PARÁ E SEU POTENCIAL AGROMINERAL

<https://gmga.com.br/06-biotita-xisto-da-suite-intrusiva-tracuateua-do-nordeste-do-para-e-seu-potencial-agromineral/>



10.31419/ISSN.2594-942X.v102023i1agromineraisa6HMC

BIOTITE-SCHIST FROM THE TRACUATEUA INTRUSIVE SUITE, NORTHEAST OF PARÁ STATE, AND ITS AGROMINERAL POTENTIAL

Hivanilson M. Conceição^{*1}, Aldemir M. Sotero², Rômulo S. Angélica², Simone P. A. Paz^{1,2}

¹Faculdade de Engenharia Química, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, Pará, Brasil, hivanilson.conceicao@itec.ufpa.br^{*1}

²Laboratório de Caracterização Mineral (LCM), Instituto de Geociências, UFPA, Belém, Pará, Brasil.

*Autor correspondente

ABSTRACT

The main purpose of this work is the chemical and mineralogical characterization of a biotite-shist from northern Brazil, in order to evaluate its potential as an alternative rock of potassium fertilizer. For the characterization, one composite sample of about 40 Kg was crushed and classified into four subsamples with the following grain sizes: (-4000 +1000), (-1000 +300), (-300 +53) and (-53) μ m. All four subsamples were submitted to the following analyses: X-ray diffraction (XRD), X-ray fluorescence (XRF), Fourier Transform Infrared Spectrometry (FTIR) and optical microscopy (OM) for textural analysis. The biotite-shist is mainly composed by albite, quartz and biotite, besides small amounts of chlorite and traces of K-feldspar and clinopyroxene. No significant mineralogical variation was observed among the studied granulometric fractions. Mean K₂O contents are 2,61%, above the minimum of 1% required by the Normative Instruction of the Ministry of Agriculture of Brazil. Although further studies

are still needed, the biotite-schist studied may have good potential when compared to other rocks already used in Brazil, e.g., other biotite schists from Central Brazil, as agromineral or soil remineralizer.

Keywords: Biotite-schist, potassium fertilizer, soil remineralizer, agromineral.

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro começou sua crescente participação no mercado internacional a partir dos anos 2000, quando foi palco de diversas transformações estratégicas no segmento de açúcar e álcool (EMBRAPA, 2018). Na última década, o interesse na agropecuária passou a integrar uma variedade maior de segmentos, e se tornou o pujante agronegócio da atualidade. Assim, tão importante quanto o plantio, colheita, pasto, abate é a logística, a ração animal, o fertilizante. No ano de 2020, em plena pandemia do Covid-19, o PIB do agronegócio acumulou variação recorde de 24,31%, o que elevou de 20,5% (2019) para 26,6% (2020) a sua participação no PIB total do país, segundo os dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) e da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). Em valores monetários, o PIB brasileiro totalizou R\$ 7,45 trilhões em 2020, de modo que o agronegócio teve quase R\$ 2 trilhões em participação (MAPA, 2021).

No cenário de insumos para a produção agrícola brasileira, destacam-se os fertilizantes, que, apesar de indispensáveis para a manutenção e o crescimento do setor, ainda estamos longe de uma autossuficiência na sua produção. O Brasil ocupa o quarto lugar como consumidor mundial de fertilizantes NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio), importando cerca de 70% de Nitrogênio e 50% de Fósforo. A sua maior dependência é o potássio, o qual é importado em 95%, principalmente do Canadá, Rússia e Alemanha (Alves, 2022; Canal Rural, 2022).

A respeito de fontes de potássio para fertilizantes, Kulaif e Góes (2016) classificam os depósitos minerais passíveis de exploração em três tipos principais: evaporitos, salmouras naturais e rochas. Na classe das rochas, destacam-se os do tipo “verdete” (sedimentar); fonolitos e sienitos (ígneas alcalinas) e aquelas com enriquecimento anômalo em biotitas, principalmente, rochas metamórficas, ricas em biotita e flogopita.

Há décadas, rochas silicáticas enriquecidas em potássio vêm sendo estudadas como opção em aplicação direta (rochagem) para o fornecimento de potenciais nutrientes às plantas ou como matéria-prima em rotas alternativas de obtenção de fertilizantes (Martins *et al.*, 2008).

Nesse contexto, do olhar para as rochas silicáticas enriquecidas em potássio visando fertilizantes, tem-se na região nordeste do estado do Pará, ocorrências de diversos corpos ígneos com potencial para o fornecimento de potássio, como o granito Ney Peixoto, o nefelina sienito Boca Nova e o granito Ourém (Vasquez *et al.*, 2008), sendo alguns explorados para a produção de brita. A pedreira Santa Mônica, localizada no município de Tracuateua, no estado do Pará, a principal produtora de brita da região, lavra granitoides da Suíte Intrusiva Tracuateua (SIT) (Vasquez *et al.*, 2008). Segundo esses autores, trata-se de muscovita-biotita monzogranitos a sienogranitos, com a ocorrência ocasional de xenólitos de biotita-xistos, provável rocha encaixante da SIT. Os biotita-xistos são considerados como estéril, por não serem apropriados para a produção de brita. No entanto, podem ser aproveitados como remineralizadores de solos,

a exemplo de outros biotita-xistos já utilizados no Brasil, para este fim (Martins et al., 2008, Krahl, et al., 2022; Oliveira Filho et al., 2022). Vale ressaltar que, no último trabalho de campo realizado na pedreira de Santa Mônica, observou-se que, com o avanço da lavra e expansão da cava da mineração, em algumas porções a mesma já se encontra em contato com a rocha encaixante, o que possibilitará uma maior exposição do biotita-xisto. E caso haja interesse comercial, haverá uma maior facilidade da sua extração e produção. Ou seja, a possibilidade de agregar mais valor a um produto já explorado há décadas – a brita do granito, com uma infraestrutura de britagem e logística de distribuição e comercialização já existentes – com um possível novo produto, que seria o biotita-xisto como remineralizador de solo.

Assim, no presente trabalho, buscou-se uma avaliação do potencial agromineral, não dos granitoides, mas dos biotita-xistos da pedreira Santa Monica, o estéril da produção de brita a partir daquelas rochas, em que os biotita-xistos são tidos como enclaves provenientes das rochas encaixantes desses corpos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. MATERIAIS

Foi realizada uma amostragem composta, de vários pontos de ocorrência do biotita-xisto (BX) na pedreira Santa Monica, situada no município de Tracuateua (46°55'27"W / 01°04'07"S), nordeste do estado do Pará, a 196 km da capital (Figuras 1 e 2). Na Figura 3 é apresentada uma amostra de mão representativa do biotita-xisto, objeto de estudo deste trabalho.

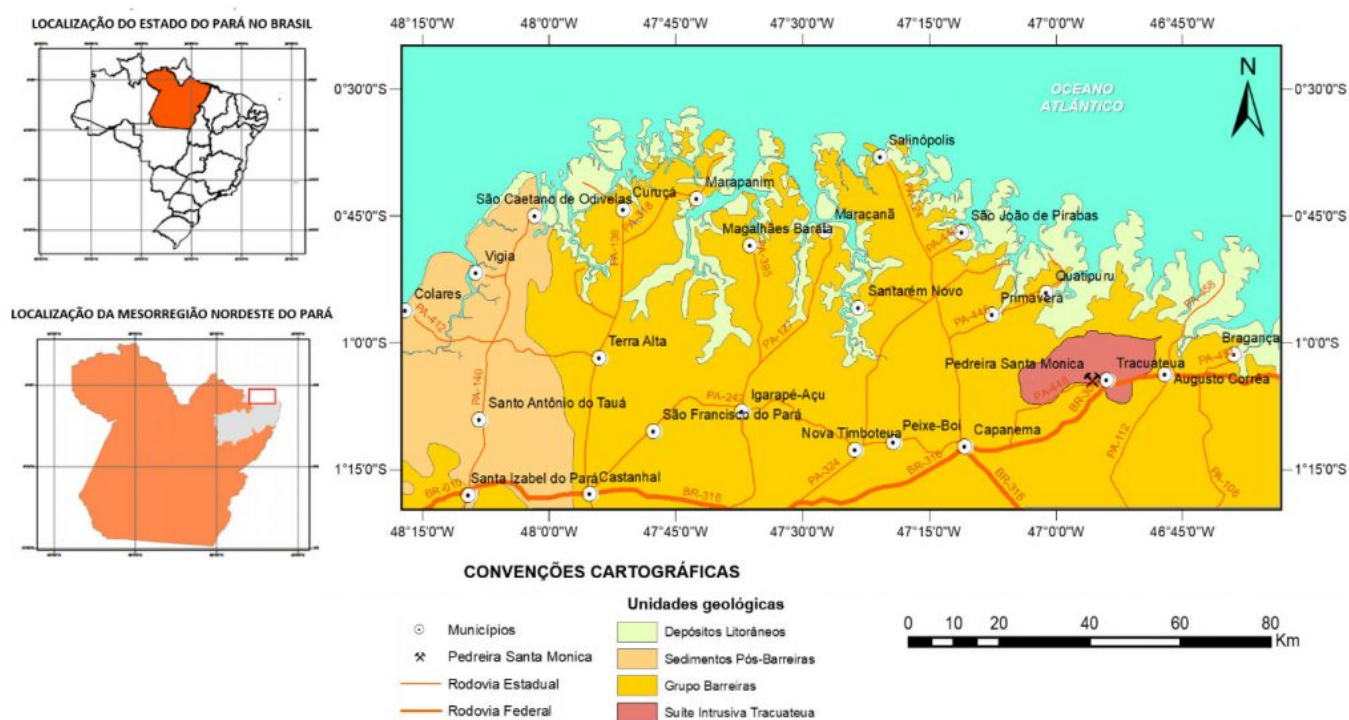


Figura 1 - Mapa geológico de parte da mesorregião nordeste do Pará com a localização da pedreira Santa Monica. Modificado de Vasques et al. (2008).



Figura 2 – Visão geral da cava principal da pedreira Santa Mônica, município de Traquateua. Fotografada em outubro de 2020.



Figura 3 – Amostra de mão do biotita-xisto (BX), cortado por venulações de K-feldspatos relacionados aos granitos da Suíte Intrusiva Tracuateua (SIT).

2.2. MÉTODOS

2.2.1. Procedimento experimental

Todos os procedimentos experimentais foram realizados no Laboratório de Caracterização Mineral (LCM) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA), conforme as etapas apresentadas na Figura 4.

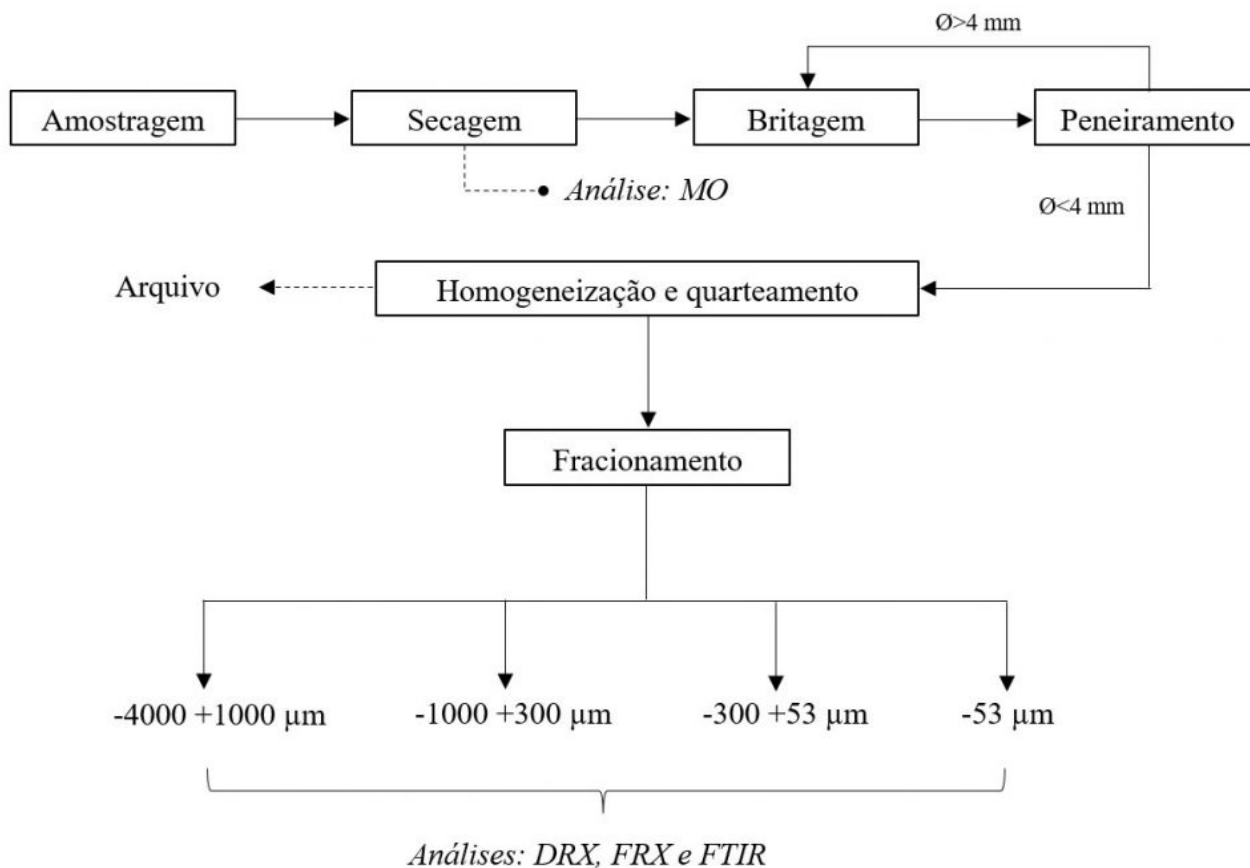


Figura 4 - Fluxograma das etapas analíticas planejadas para o desenvolvimento do presente trabalho.

Em laboratório, a única amostra composta de biotita-xisto (BX) com cerca de 40 quilos foi seca ao ar livre e posteriormente submetida à britagem para obtenção da fração granulométrica abaixo de 4 mm, a fim de adequar o mesmo às especificações necessárias para o estudo. Em seguida, foi realizada a homogeneização e quarteamento, sendo separada uma alíquota para arquivo. Na última etapa, a amostra foi fracionada em quatro subamostras, nas seguintes faixas granulométricas: $(-4000 +1000 \mu\text{m})$, $(-1000 +300 \mu\text{m})$, $(-300 +53 \mu\text{m})$ e $(-53 \mu\text{m})$. As quatro subamostras foram submetidas as seguintes análises de caracterização mineralógica e química.

2.2.2. Microscopia ótica

Foi realizada análise petrográfica de duas lâminas delgadas do biotita-xisto no Laboratório de Petrografia do IG-UFGA. Para a nomenclatura dos minerais, foram utilizadas abreviações conforme Whitney & Evans (2010).

2.2.3. Difratometria de raios-X (DRX)

A identificação mineralógica auxiliar a microscopia óptica foi realizada pelo método do pó em rocha total, utilizando-se um difratômetro de raios-X modelo Empyrean, da PANalytical, com tubo de raios-X cerâmico de anodo de Co ($K\alpha_1 = 1,789010 \text{ \AA}$), foco fino longo, filtro $K\alpha$ de Fe, detector PIXCEL3D-Medpix3 1x1, no modo *scanning*, com a voltagem de 40 kV, corrente de 35 mA, tamanho do passo $0,0260^\circ$ em 2θ , varredura de 3° a 75° em 2θ , tempo/passos de 27,54s, fenda divergente $1/4^\circ$ e anti-espalhamento $1/2^\circ$, máscara de 10 mm.

2.2.4. Espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX)

A análise química dos elementos maiores e traço foi realizada por espectrometria de fluorescência de raios-X, com a utilização de um espectrômetro de dispersão por comprimento de onda (WDS), modelo Axios Minerals da PANalytical, com tubo de raios-X cerâmico, anodo de ródio (Rh) e máximo nível de potência 2,4 KW. As amostras foram analisadas na forma de pastilha fundida, com 1 g de amostra, 6 g de fundente (Tetraborato de Li) e 3 gotas, aproximadamente 0,15 mL, de desmoldante (tetraborato de lítio).

A aquisição e o tratamento dos dados foram realizados através do software SuperQ Manager da PANalytical. Os teores dos elementos são apresentados em % em peso de óxidos, incluindo a perda ao fogo (PF).

2.2.5. Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

Os espectros no infravermelho das amostras requeridas foram obtidos por reflectância total atenuada (ATR), utilizando-se um espectrômetro da marca Thermo, modelo Nicolet iS50 FTIR, na região espectral de $4000\text{-}500 \text{ cm}^{-1}$, a 100 *scans* e resolução de 4 cm^{-1} . E como pré-tratamento, as amostras foram secas a 105°C por 24 horas. A aquisição dos dados foi realizada através do software OMNIC.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA

O resultado da análise da composição mineralógica por DRX das quatro frações granulométricas do biotita-xisto está apresentado na Figura 5.

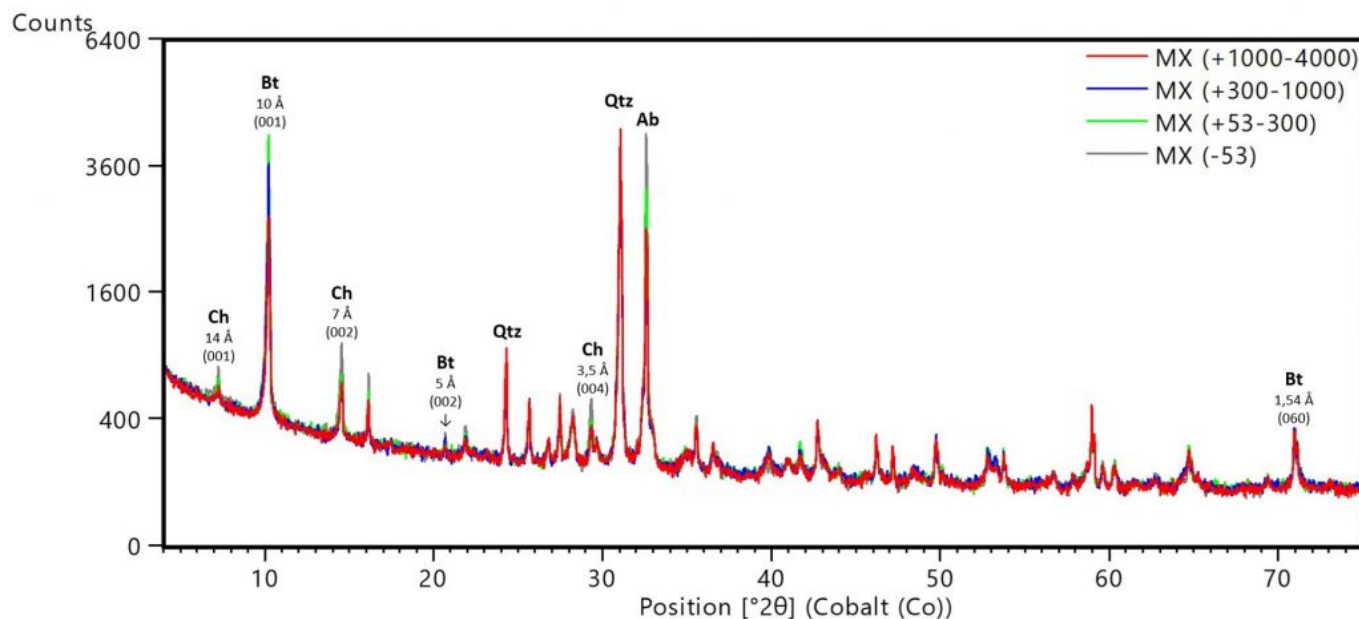


Figura 5 – Identificação das fases minerais por DRX e confrontação dos difratogramas de cada fração granulométrica.

Nos difratogramas estão assinaladas as principais reflexões dos minerais identificados: quartzo (Qtz), albita (Ab) e biotita (Bt), como minerais mais abundantes, seguidos de menor quantidade de clorita (Cl), além de K-feldspato e de clinopiroxênio, como acessórios. Em relação a esses dois últimos, como a intensidade dos picos principais é muito pequena, os mesmos não foram assinalados na figura. Os difratogramas das quatro frações são muito similares entre si nas intensidades das reflexões presentes, sugerindo, portanto, similaridade nas concentrações de cada mineral entre as frações, ou seja, o fracionamento físico não provocou o deslocamento significativo de minerais para determinada fração granulométrica. Há pequenas variações nas intensidades de alguns picos que serão discutidas a seguir.

Além da indicação das reflexões (valores de d Å), foram indicados os correspondentes índices de Miller da biotita e clorita, de algumas ordens do plano principal (001, 002, 003, etc.), juntamente com a reflexão (060), que permite identificar o caráter di- ou trioctaédrico desses minerais (Moore & Reynolds, 1997). Neste caso, o valor de $d_{060} = 1,54$ Å obtido, confirma o caráter trioctaédrico tanto da biotita, mais abundante, como da clorita presente em menor quantidade na rocha. A caulinita, se presente, como observada ao microscópio óptico (alteração argílica da albita), como será descrito a seguir, a sua principal reflexão se dá a $7,1$ Å, coincidindo com a segunda ordem (002) da clorita, que está presente.

Nas figuras 6 e 7 estão apresentados um zoom apenas na região dos picos principais da biotita (Fig. 6) e quartzo e albita (Fig. 7), a fim de avaliar a proporção relativa entre as fases majoritárias, com base nas intensidades dos seus picos principais. Observa-se que, no caso do quartzo, as intensidades do pico principal desse mineral são muito próximas, para os difratogramas das quatro frações granulométricas analisadas. Porém, o mesmo não acontece para os picos principais da biotita e da albita, que apresentam nítidas variações de intensidade, mas que não estão relacionadas a variações de concentrações; e sim, ao efeito textura ou de orientação preferencial, durante a preparação da amostra. Tanto a biotita como a

albita apresentam esse efeito bastante pronunciado, em função dos planos de clivagem relacionados as direções d_{001} (biotita) e d_{100} (albita).

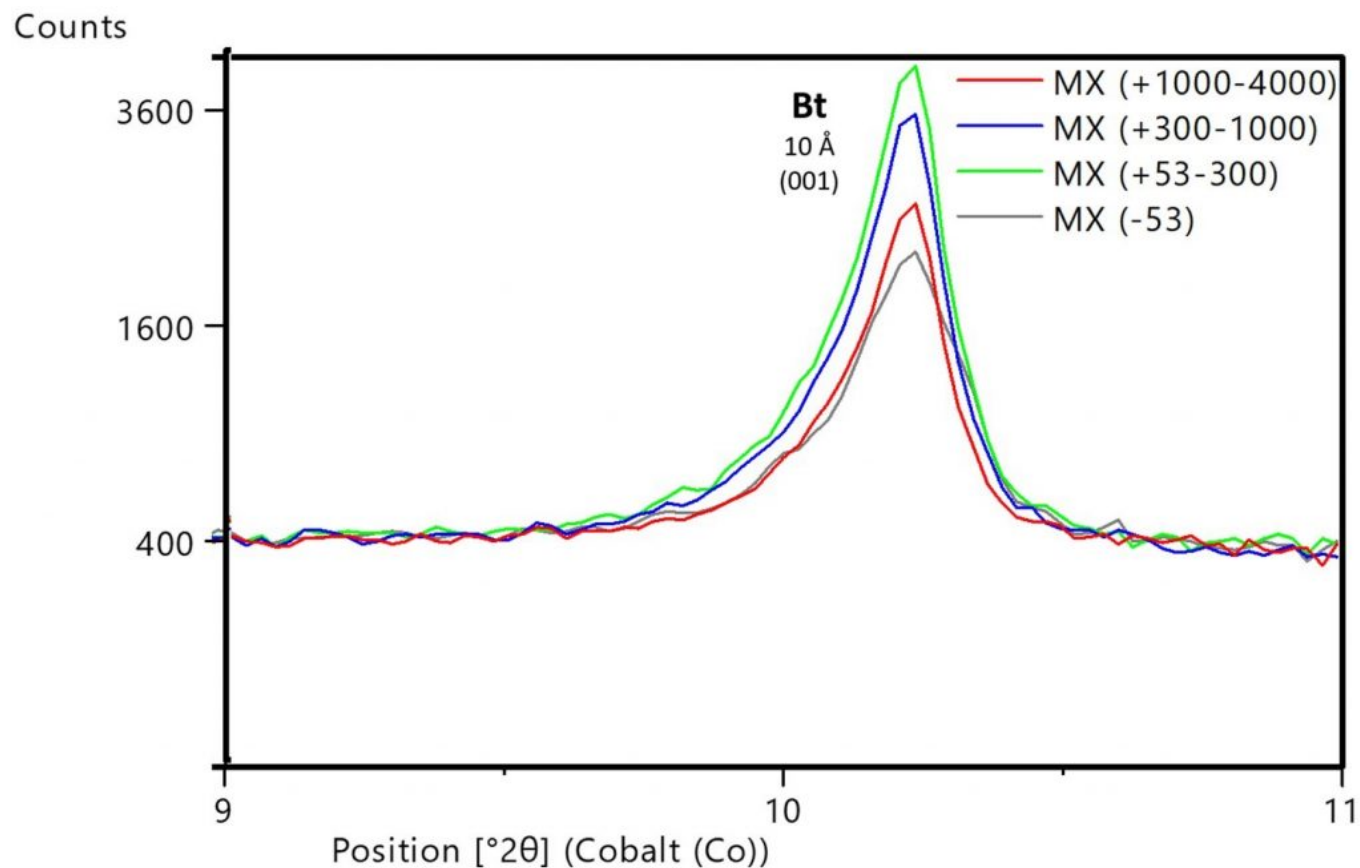


Figura 6 – Difractogramas de raios-X das frações granulométricas estudadas, com zoom na região do pico principal da biotita (Bt).

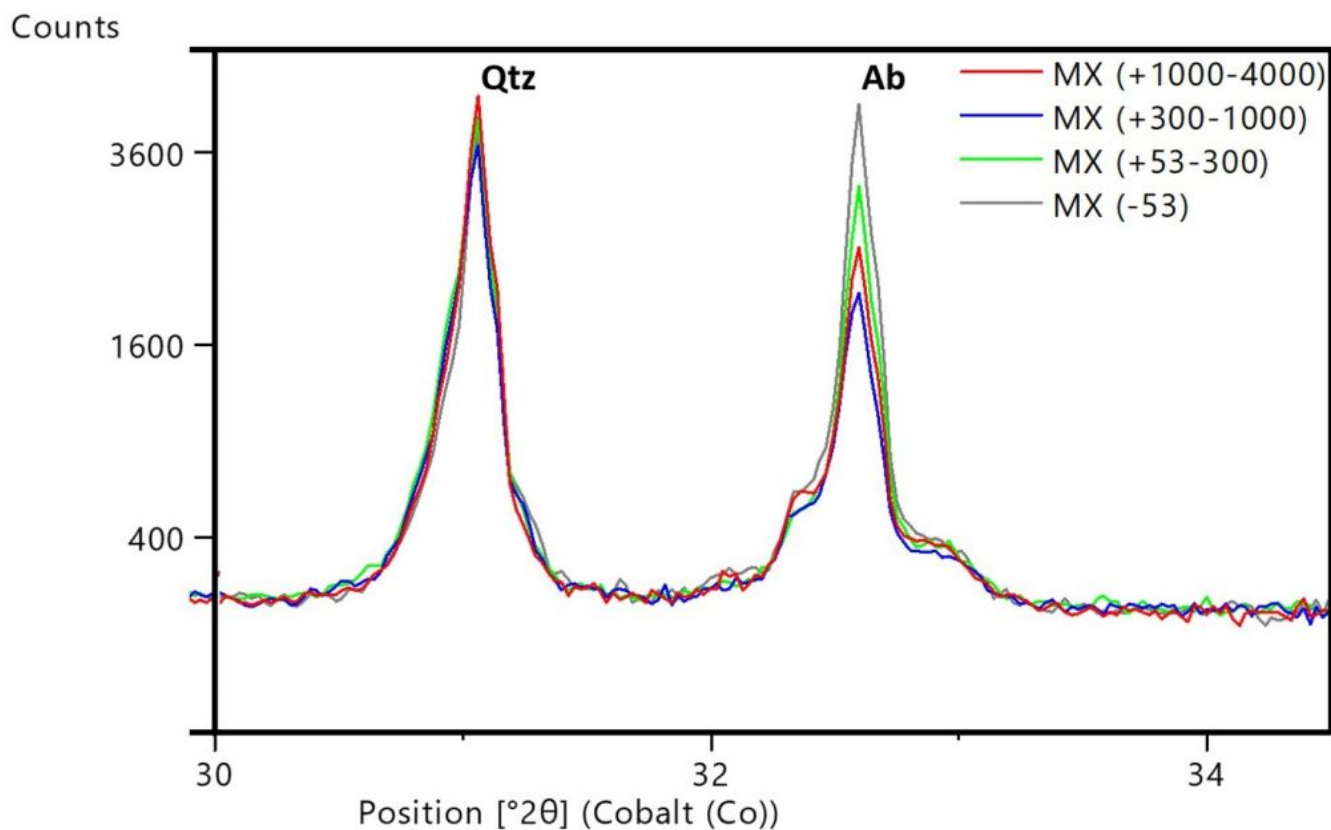


Figura 7 – Difratoformas de raios-X das frações granulométricas estudadas, com zoom na região dos picos principais do quartzo (Qtz) e da albita (Ab).

Assim, conforme descrito anteriormente, a princípio, não há muita evidência de segregação mineralógica ao longo das frações granulométricas estudadas. Dessa maneira, foi selecionada apenas uma das frações granulométricas (+53-300), para o refinamento do difratograma de raios-X pelo Método de Rietveld, a fim de se obter o resultado da análise quantitativa (Figura 8).

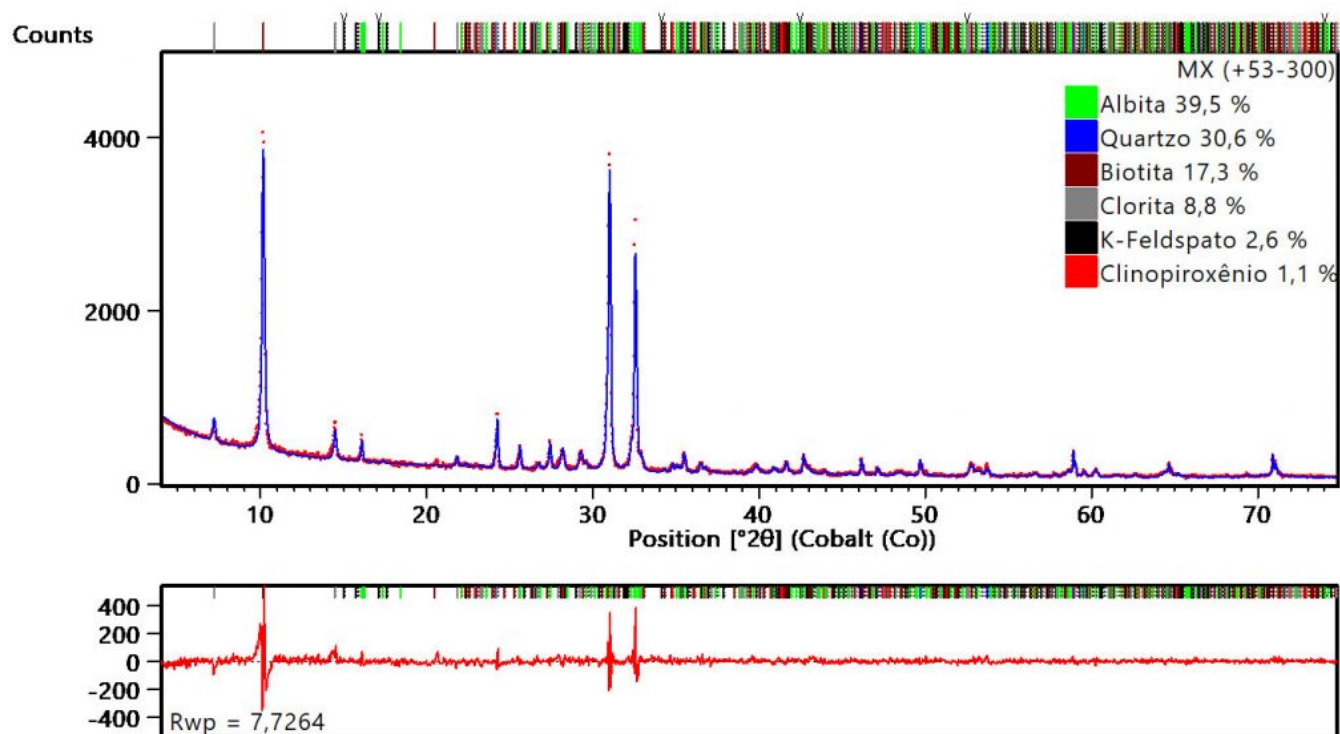


Figura 8 – Difratoograma de raios-X da amostra (+53-300), com o resultado da análise quantitativa pelo método de Rietveld.

A análise petrográfica confirmou a presença dos minerais majoritários previamente descritos na análise por DRX. O biotita-xisto é constituído, majoritariamente, por albita, quartzo e biotita (Figuras 9 a e b). A biotita forma cristais subédricos, com dimensões entre 0,03 mm e 1,2 mm, apresenta coloração marrom-esverdeada, levemente pleocróica, com clivagem perfeita e unidirecional, além de moderada cor de interferência (Fig. 9a). Os cristais subédricos de albita apresentam tons cinza escuro, com dimensões entre 0,35mm a 1,4 mm e exibindo leve alteração para argilomineral (círculos na Fig. 9b). Os cristais de quartzo (incolores) apresentam formatos anédrico a subédricos, com dimensões entre 0,46mm a 0,58 mm. Verificou-se também a presença subordinada de clorita e inclusões de apatita (Fig. 9b).

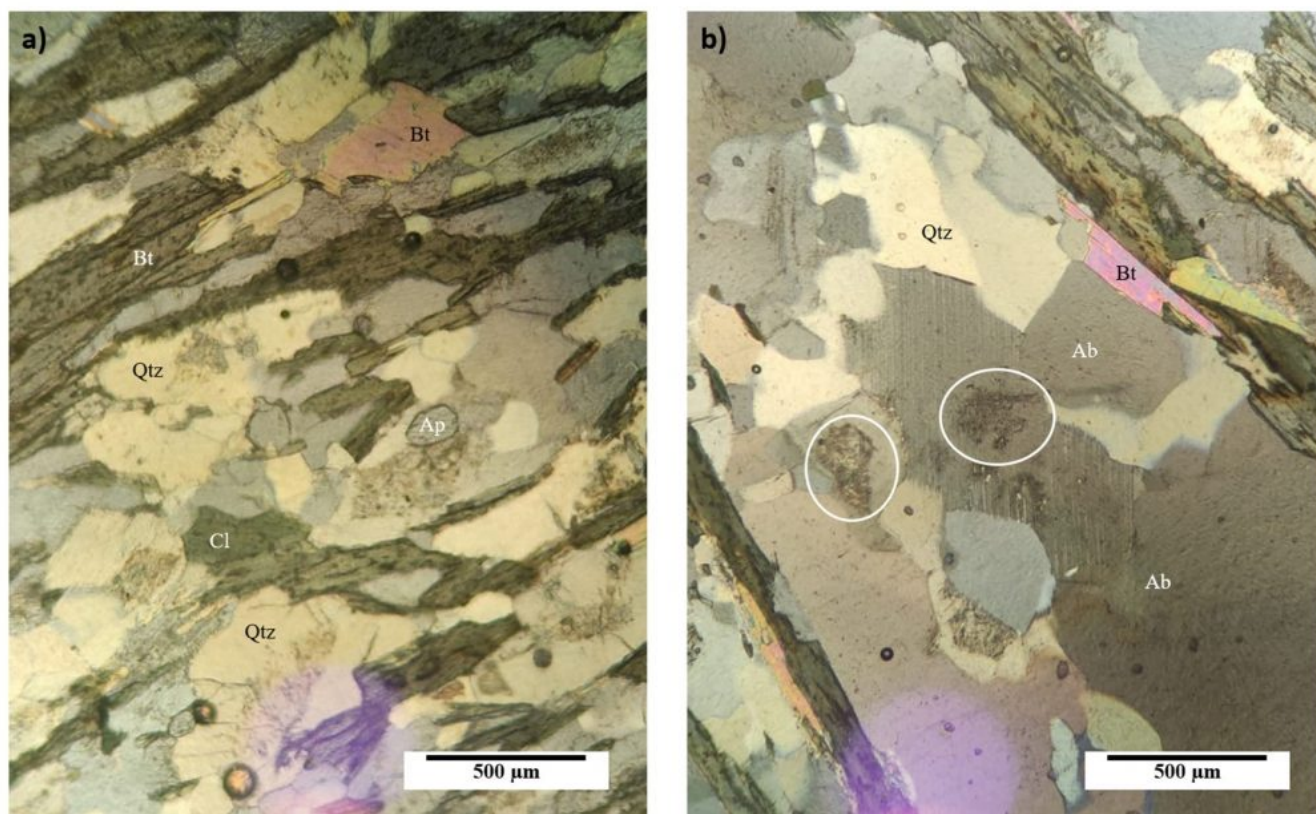


Figura 9 - Fotomicrografia da mineralogia e dos aspectos texturais do biotita-xisto. a) Cristais alongados de biotita, com dimensões entre 0,03 mm e 1,2 mm, apresenta coloração marrom-esverdeada; b) Os círculos estão relacionados a cristais subédricos de albita exibindo leve alteração para argilomineral. Imagens obtidas por luz polarizada. Ab = Albita, Cl = Clorita, Ap = Apatita, Bt = Biotita e Qtz = Quartzo.

O espectro de FTIR da amostra de biotita-xisto é ilustrada na Figura 10. A banda de absorção que aparece em aproximadamente 3630 cm^{-1} foi atribuída ao movimento de estiramento do grupo Al-OH, que pode estar relacionado a hidroxilas dos filossilicatos, biotita e clorita (Schroeder, 2002). As vibrações de estiramento dos tetraedros SiO_4 produzem uma banda acentuada em aproximadamente 1012 cm^{-1} , enquanto a banda observada próximo a 790 cm^{-1} foi atribuída ao Al-O-Si, grupo presente em todos os minerais, exceto o quartzo (Kaur et al., 2017). A banda que aparece em 590 cm^{-1} é atribuída à curvatura Si-O (Orlova et al., 1974).

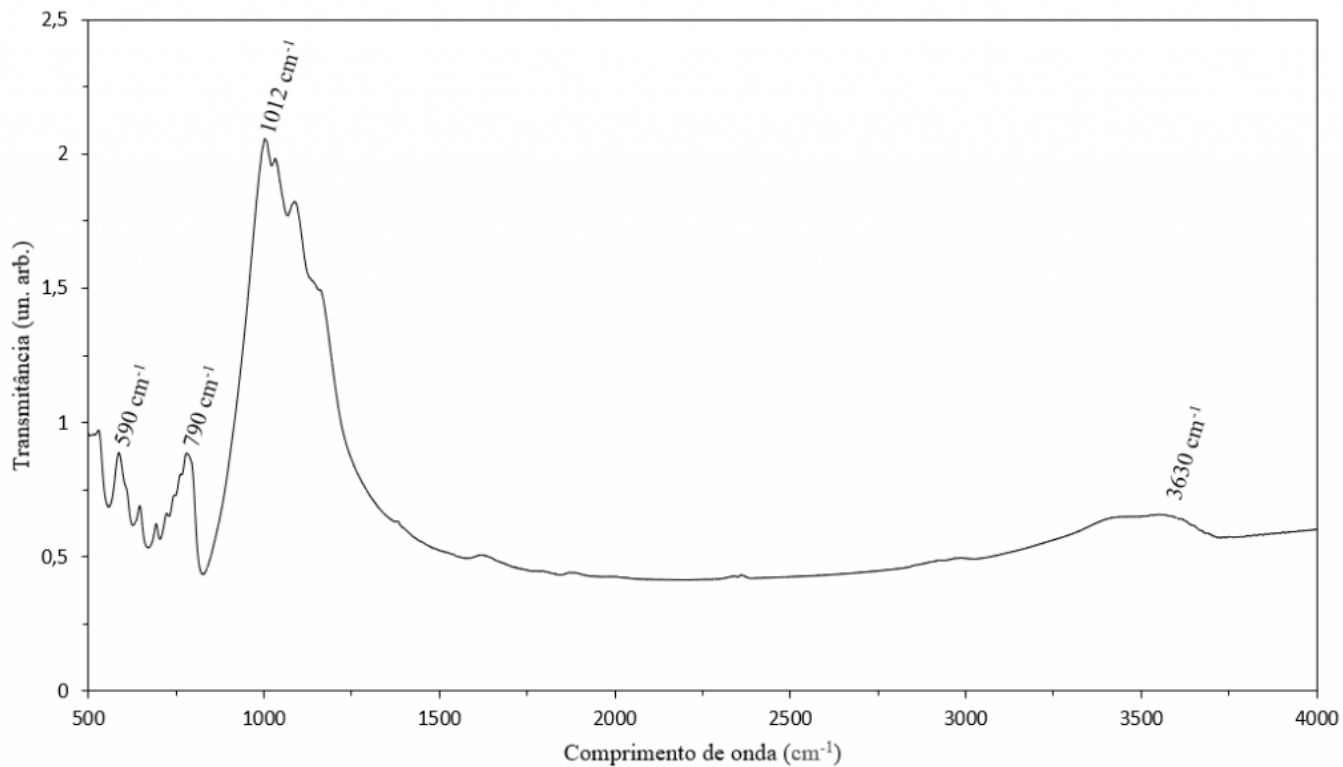


Figura 10 - Espectro de infravermelho do Biotita-Xisto.

4.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A composição química total (FRX), para as quatro frações investigadas neste trabalho, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição química das quatro frações granulométricas do biotita-xisto obtida por FRX.