



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**Ana Beatriz Azevedo de Medeiros**

Caracterização de resíduos de rochas pegmatíticas e gnáissicas  
segundo potencial reativo, índices físicos e resistência mecânica

**Natal**

**2018**

**Ana Beatriz Azevedo de Medeiros**

**Caracterização de resíduos de rochas pegmatíticas e gnáissicas segundo potencial reativo, índices físicos e resistência mecânica**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil – ênfase em geotecnia.

Orientador: Maria del Pilar Durante Ingunza  
Coorientador: Rubens Maribondo do Nascimento

Natal

2018

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN Sistema de Bibliotecas -  
SISBI Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila  
Mamede

Medeiros, Ana Beatriz Azevedo de.

Caracterização de resíduos de rochas pegmatíticas e gnáissicas segundo potencial reativo, índices físicos e resistência mecânica / Ana Beatriz Azevedo de Medeiros. - 2019. 102 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Natal, RN, 2019.

Orientadora: Profa. Dra. Maria del Pilar Durante Ingunza.

Coorientador: Prof. Dr. Rubens Maribondo do Nascimento.

1. Mineração - Dissertação. 2. Resíduo de lavra - Dissertação. 3. Reação álcali-agregado - Dissertação. 4. Esclerômetro de Schmidt - Dissertação. I. Ingunza, Maria del Pilar Durante. II. Nascimento, Rubens Maribondo do. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 622'17(043.3)

Ana Beatriz Azevedo de Medeiros

**Caracterização de resíduos de rochas pegmatíticas e gnáissicas segundo potencial reativo, índices físicos e resistência mecânica**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil – ênfase em Geotecnia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Maria del Pilar Durante Ingunza –Orientador, UFRN

---

Rubens Maribondo do Nascimento –Coorientador, UFRN

---

Antonio Carlos Galindo – Examinador Interno, UFRN

---

Mario Tavares de Oliveira Cavalcanti Neto – Examinador Externo, IFRN

**Natal, 20 de dezembro de 2018.**

**“Deveríamos tomar cuidado para não fazer do intelecto o nosso deus; ele tem, naturalmente, músculos poderosos, mas nenhuma personalidade.”**

**Albert Einstein**

## AGRADECIMENTOS

Quero agradecer antes de tudo à Deus, que me abençoou com o dom da vida, com saúde para caminhar e a centelha divina que me moveu até aqui. Minha vida está entregue a Seu governo.

Quero agradecer à meus pais, Mardônio e Telma, à minha irmã, Maria Luiza, à Jader, meu namorado, e à Lilian por ter compreendido meus frequentes momentos de ausência.

Aos meus amigos: Marcela, Ana Djanira, Nathalia Medeiros, Julia Bheatriz, Rayane, Sanderson, Luzia, Débora e Paula.

Ao meu orientador na graduação em geologia Francisco Pinheiro Lima-Filho, que me deu a oportunidade de fazer parte do grupo de pesquisa: LAE (Laboratório de Análises Estratigráficas) durante quase a graduação inteira. Muito obrigada pelos conselhos, ensinamentos e paciência nos meus aprendizados na iniciação à pesquisa e colho bons frutos até hoje.

À minha atual orientadora, Maria del Pilar: minha gratidão pelos seus ensinamentos de forma tão simples, pela sua compreensão que parece ser infinita e sua amorosidade eu nunca esquecerei!

Agradeço imensamente à Augusto, da mineração Terra Branca. Seus ensinamentos e atenção como geólogo, além da receptividade foram valiosos para mim.

Agradeço a Marcos, do Britador Seridó pela disponibilidade e atenção.

Agradeço ao motorista Kennedy pela sua presteza na etapa da coleta nas empresas.

Também agradeço à Paulo Alysson e Sandro pela disponibilidade na sugestão do ensaio com o esclerômetro de Schmidt e os demais ensaios físicos.

À Bombeiro, por ter dado seu máximo na confecção das seções delgadas dessa dissertação.

Agradeço ao professor Galindo, pela atenção e paciência de tirar todas as minhas dúvidas em relação à seção delgada. Serei eternamente grata!

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: Sávio, Fagner, Carina, Olavo, Enilson, Venerando, Fatinha, Ada.

Aos colegas e amigos que esse mestrado me proporcionou: Rosilene, Natalia Santos, Caio, Matheus, Letícia, Lisiane, Italo, Manoel Leandro. Muito obrigada por toda a ajuda que vocês me deram!

Ao programa de pós graduação em engenharia civil: muito obrigada pela oportunidade que me foi dada.

Aos que não citei, peço perdão.

# **CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE ROCHAS PEGMATÍICAS E GNÁISSICAS SEGUNDO POTENCIAL REATIVO, ÍNDICES FÍSICOS E RESISTÊNCIA MECÂNICA**

**Ana Beatriz Azevedo de Medeiros**

Orientador: Maria del Pilar Durante Ingunza

## **RESUMO**

A mineração é uma atividade econômica de caráter extrativista e fundamental como base para variadas cadeias produtivas como: indústria química, farmacêutica, construção civil e muitas outras. Apesar de fomentar riquezas e bens de consumo, essa atividade é potencialmente prejudicial ao meio ambiente se for condicionada inadequadamente, gerando impactos ambientais negativos. Sendo o Rio Grande do Norte um estado que detém a mineração como uma de suas principais atividades econômicas e a construção civil uma indústria que demanda alto volume de insumos, o presente trabalho propõe-se analisar resíduos de lavra de duas espécies de rochas cristalinas provenientes de duas mineradoras: pegmatitos e gnaisses. Esses resíduos foram caracterizados petrograficamente, segundo seu potencial reativo à Reação Álcali-agregado, segundo índices físicos (absorção, porosidade e massa específica) e resistência mecânica (resistência à compressão simples utilizando ensaio com o esclerômetro de Schmidt) com vistas ao aproveitamento para agregado para concreto. Foi verificado que duas amostras de pegmatitos obtiveram bons resultados segundo tanto em relação à reatividade, índices físicos e resistência mecânica. Entretanto, outras amostras de pegmatito obtiveram bons valores segundo seus índices físicos e resistência mecânica. Uma amostra de gnaisse apresentou potencialidade reativa à norma, porém teve destaque em relação à resistência mecânica e índices físicos. Portanto, concluiu-se ser necessário expandir o entendimento de tais amostras através de testes

complementares como ensaios de expansão com barras de argamassa, por exemplo.

**Palavras-chave:** Reação álcali-agregado, resíduo de lavra, esclerômetro de Schmidt

# **CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE ROCHAS PEGMATÍICAS E GNÁISSICAS SEGUNDO POTENCIAL REATIVO, ÍNDICES FÍSICOS E RESISTÊNCIA MECÂNICA**

**Ana Beatriz Azevedo de Medeiros**

Advisor: Maria del Pilar Durante Ingunza  
Co-advisor: Rubens Maribondo do Nascimento

## **ABSTRACT**

Mining is an economic activity of an extractive character and fundamental as a basis for various production chains such as: chemical, pharmaceutical, civil construction and many others. While promoting wealth and consumer goods, this activity is potentially harmful to the environment if it is improperly disposed, generating negative environmental impacts. Since Rio Grande do Norte is a state that holds mining as one of its main economic activities and the civil construction industry that demands a high volume of inputs, the present work proposes to analyze mining residues of two species of crystalline rocks (pegmatites and gneisses) from two mining companies. These residues were characterized petrographically, according to their reactive potential to the Alkali-aggregate reaction, according to physical indexes (absorption, porosity and specific mass) and mechanical resistance (simple compression resistance using Schmidt's sclerometer test) with a view to the use for aggregates for concrete. It was verified that two samples of pegmatites obtained good results according to both reactivity, physical indexes and mechanical resistance. However, other samples of pegmatite obtained good values, according to their physical indexes and mechanical resistance. A sample of gneiss presented a reactive potential to the norm, but it stood out in relation to the mechanical resistance and physical indices. Therefore, it is concluded that it is necessary to expand the

understanding of such samples through complementary tests such as expansion tests with mortar bars, for example.

**Keywords:** Alkali-aggregate reaction, mining waste, Schmidt sclerometer.

## SUMÁRIO

### Capítulos

1-Introdução .....	1
2-Revisão da Literatura .....	3
2.1 Contexto Brasileiro Mineração .....	3
2.2 Contexto da Mineração no Rio Grande do Norte .....	5
2.3 Impactos ambientais oriundos da Mineração.....	7
2.4 Resíduo da mineração.....	8
2.5 Caracterização mecânica, física, e mineralógica .....	9
2.6 Característica mecânica.....	9
2.7 Índices físicos.....	12
2.8 Reação álcali-agregado .....	15
2.9 Uso de resíduo de mineração como agregado .....	24
3-Materiais e métodos utilizados .....	26
3.1 Área de estudo .....	27
3.2 Geologia local .....	28
3.3 Amostragem .....	30
3.4 Métodos utilizados .....	31
3.4.1 Ensaio mecânico .....	32
3.4.2 Ensaios físicos .....	35
3.4.3 Caracterização mineralógica e petrográfica .....	36
4-Resultados e discussões.....	38
4.1 Caracterização petrográfica.....	38
4.1.1 Quadro-resumo da reatividade à reação álcali-agregado .....	53

4.2 Caracterização física .....	54
5-Conclusões .....	60
Referências .....	62
Anexos .....	72

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-Distribuição da produção mineral no Brasil. ....</b>	<b>3</b>
<b>Figura 2-Produção Mineral no Brasil de 1994 a 2017. ....</b>	<b>4</b>
<b>Figura 3-Componentes do esclerômetro e esquema de seu funcionamento. ....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 13:Ensaio de medida de valores para estimar a resistência à compressão das amostras utilizadas. ....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 14:Ábaco utilizado para leitura dos valores correspondentes de resistência à compressão uniaxial. ....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 15:Pesagem das amostras imersas. O recipiente no qual está acoplado à balança de precisão utilizada. ....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 16:Quartzo (Qz) apresentando extinção ondulante. As setas em amarelo indicam estado de alteração do plagioclásio (PI) e Microclina (Mc). Aumento de 4x. Nicóis Cruzados. ....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 17:Perita (Per) e Quartzo (Qz). Observar também o estado de alteração recorrente na seção delgada, em que a seta em amarelo exemplifica pontos em alteração. Aumento de 100x. Nicóis cruzados. ....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 18:Quartzo (Qz) com extinção ondulante, apresentando fissuração, plagioclásio (PI) e turmalina (Tur). A seta em amarelo aponta um dos frequentes vazios encontrados na seção delgada. Nicóis cruzados. Aumento de 4x. ....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 19:Na fotomicrografia, tem-se os minerais plagioclásio (PI), quartzo (Qz), berilo (Brl) e muscovita (Ms). Ao centro da fotomicrografia, tem-se um grão de plagioclásio fortemente fissurado, com preenchimento de mica branca, indicado pela seta em amarelo. Nicóis cruzados. Aumento de 4x. ....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 20:Detalhe da fissura com preenchimento do grão de plagioclásio (PI) por mica branca. Ao lado, como apresentado na figura x estão a turmalina (Tur) e muscovita (Ms).Nicóis cruzados. Aumento de 100x. ....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 21:Quartzo (Qz) com forte fissuração e extinção ondulante. O mesmo para o plagioclásio (PI), que além da fissuração, observa-se estado</b>	

de alteração (exemplificado pela seta em amarelo), frequente em toda a seção delgada. Também está presente nessa fotomicrografia a muscovita (Ms). Nicois Cruzados. Aumento de 4x. ....	42
Figura 23:Grãos de plagioclásio (Pl), fase mineral predominante na seção delgada. Nicois cruzados. Aumento de 4x.....	44
Figura 24:Quartzo (Qz) apresentando extinção ondulante e forte microfissuração. A seta em amarelo indica preenchimento de fissura do plagioclásio (Pl) por mica branca. Nicois cruzados. Aumento de 4x. ....	45
Figura 26:Quartzo (Qz) com extinção ondulante e forte fissuração. O plagioclásio (Pl) encontra-se sob cristais bem desenvolvidos (euédricos). Nicois cruzados. Aumento de 4x. ....	47
Figura 27:Quartzo com extinção ondulante (Qz) e plagioclásio (Pl) apresentando forte microfissuração. Nicois cruzados. Aumento de 4x. ..	48
Figura 28:Ao centro da fotomicrografia, tem-se textura de exsolução reativa à reação álcali-agregado mirmequita (Myr). Bordejando essa mirmequita, tem-se cristais de K-feldspato (KFs), biotita (Bt) e quartzo (Qz). Nicois cruzados Aumento de 100x.....	49
Figura 29:Biotitas (Bt) orientadas, dentre os espaços entre elas, quartzo (Qz) recristalizado. Nicois cruzados. Aumento de 40x. ....	49
Figura 30:Quartzo (Qz) deformado e microcristalino, na fotomicrografia apresenta-se também o plagioclásio (Pl), fase mineral bem menos abundante que o quartzo. Nicois cruzados. Aumento de 100x.....	50
Figura 31:Biotitas (Bt) apresentando orientação preferencial, formando uma foliação. À esquerda da fotomicrografia, mineral opaco (Op) também ocorre . Nicois paralelos. Aumento de 40x. ....	51
Figura 32:Biotita (Bt) e Quartzo (Qz) este último sob as variações de quartzo deformado e na forma microgranular. Nicois cruzados. Aumento de 40x. ....	52
Figura 33:Valores de absorção para as respectivas amostras analisadas. ....	54
Figura 34:Valores de porosidade e respectivas amostras. ....	55
Figura 35:Valores de massa específica (g/cm <sup>3</sup> ).....	56

**Figura 36: Valores de resistência mecânica às respectivas amostras..... 58**

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1-Demonstrativo da participação das exportações do setor mineral no Brasil referente ao ano de 2016.</b> .....	5
<b>Tabela 2-Distribuição setorial da quantidade consumida por substâncias.</b> 6	
<b>Tabela 3-Relação entre a quantidade de minério e rejeito produzido.</b> .....	9
<b>Tabela 4:Valores de resistência mecânica de algumas rochas.</b> .....	11
<b>Tabela 5:Valores médios de resistência à compressão para diferentes tipos de rochas. Modificado.</b> .....	12
<b>Tabela 6:Valores de densidade de alguns tipos de rochas.</b> .....	13
<b>Tabela 7:Valores de absorção de algumas litologias.</b> .....	14
<b>Tabela 8:Valores de porosidade de alguns tipos de rochas.</b> .....	15
<b>Tabela 9:Fases minerais propensas à reação alcali-agregado.</b> .....	20
<b>Tabela 10:Código das amostras e respectivas litologias</b> .....	30
<b>Tabela 11:Modelo de tabela-base para organização e tratamento dos dados coletados</b> .....	34
<b>Tabela 12:Diagnóstico do potencial à reatividade de cada amostra analisada.</b> .....	53
<b>Tabela 13:Resultados ensaios de absorção, porosidade e massa específica.</b> .....	56
<b>Tabela 14:Resistência mecânica finais.</b> .....	59

# 1-Introdução

A atividade mineradora fez-se presente ao longo de toda a evolução do homem e suas tecnologias. De acordo com IBRAM (2016), pela maior parte da história as técnicas e ferramentas de extração de substâncias minerais tinham caráter rudimentar, bem como as etapas de tratamento e beneficiamento. Também, a geração de rejeito e os impactos derivados da disposição no meio ambiente eram considerados irrisórios devido à demanda da sociedade, até então e também à abundância de jazidas com alto teor de minérios. Entretanto, a Revolução Industrial acentuou a demanda dessas substâncias e, as técnicas de extração e processamento delas sofisticaram-se sensivelmente (IBRAM,2016). A consequência disso foi o crescimento constante de geração de resíduos.

Em consequência dos problemas ambientais decorrentes desse acúmulo, dispositivos legais foram criados para fiscalizar a disposição dos resíduos da mineração e pesquisadores tem-se motivado a buscar alternativas de gerenciamento desses resíduos. A forma de disposição mais corriqueira de rejeitos de mineração faz-se através de barragens. Esse tipo de construção tem como funcionalidade a contenção dos rejeitos e, em segundo plano, armazenar água para reuso da mina ou no processo de beneficiamento. Apesar de ser uma alternativa bastante utilizada, a nível mundial, os impactos ambientais e os riscos associados à ela possuem altíssima relevância.

Mais que dispor adequadamente esses resíduos para mitigar impactos ambientais, é necessário agregar valor a esses materiais. Sendo a construção civil a área que possui maior solicitação de insumos, é necessário avaliar a aplicabilidade desses materiais a princípio, atualmente considerados descartáveis nesse setor econômico.

No Rio Grande do Norte, a mineração possui grande importância na geração de renda total do estado. De acordo com o DNPM (2010), o setor da construção civil foi a que tomou maior parte da demanda por insumos minerais. Uma das aplicações mais solicitadas por esses insumos minerais é em

agregados. Em contrapartida, há estudos insuficientes no quesito de avaliar resíduos de lavra e beneficiamento como substituintes dos agregados convencionais. Dessa forma, o presente trabalho buscou caracterizar duas espécies de rochas cristalinas sob suas características petrográficas, físicas e mecânicas para utilização como agregados para construção civil.

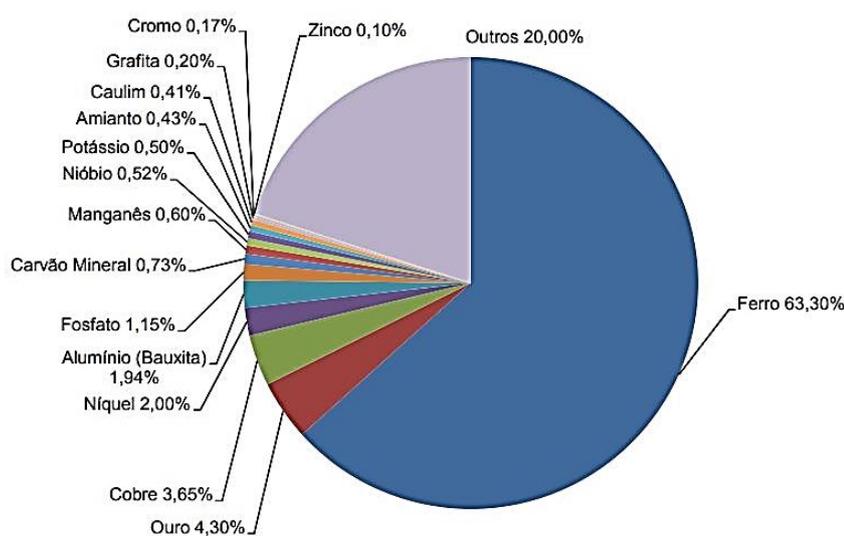
## 2-Revisão da Literatura

### 2.1 Contexto Brasileiro Mineração

O Brasil é um território de extensão continental, de grande diversidade de terrenos e formações geológicas que conferiram ampla variedade de bens minerais IBRAM (2015). A mineração é uma atividade econômica extrativista, consistindo em uma indústria de base para outras indústrias de transformação produzir bens essenciais como, por exemplo, para saúde, higiene e segurança da população. Portanto, é importante considerar que a vida e o desenvolvimento de uma nação é diretamente ligada à essa atividade. Com o aumento da população, aumenta a demanda por insumos que engloba o segmento da metalurgia (siderurgia, não-ferrosos, ferro-ligas, ferro gusa e fundidos) e o de não-metálicos (cimento, cerâmica vermelha, cerâmica de revestimento, vidro, cal, fertilizantes, etc) IBRAM(2017). Convém notar que a construção civil demanda amplamente desses dois segmentos, corroborando que o desenvolvimento da nação atrela-se à atividade mineradora.

A figura 1 mostra a produção de bens minerais no Brasil, de acordo com a DNPM (2010):

**Figura 1-Distribuição da produção mineral no Brasil.**



Fonte:DNPM (2010) (Modificado)

De acordo com a IBRAM (2017) a produção mineral brasileira no ano de 2016 foi de US\$ 24 bilhões, sendo 7,6% menor que a produção apurada em 2015. Para 2017, esse mesmo órgão acredita em ligeira recuperação desse número. Portanto, estima-se uma produção de 25 US\$ bilhões (Figura 2):

**Figura 2-Produção Mineral no Brasil de 1994 a 2017.**



**Fonte:IBRAM (2017)**

Ainda segundo a IBRAM (2017), no período pós Rio+20, a indústria mineral no Brasil sofreu com a severa crise internacional e nacional, devendo-se especialmente à queda das principais *commodities* minerais, com a ressalva de que esse setor manteve seus volumes de produção estáveis, com uma ou outra exceção na queda da produção brasileira. A tabela 1, demonstra o valor das exportações do setor mineral e participação no total exportado pelo Brasil:

Tabela 1-Demonstrativo da participação das exportações do setor mineral no Brasil referente ao ano de 2016.

<b>Produtos de origem mineral/ano 2016</b>	<b>Valores em US\$ FOB</b>	<b>Valores em toneladas</b>
<b>Ferro</b>	13.289.341.812	<b>373.962.968</b>
<b>Ouro</b>	2.893.054.837	<b>79</b>
<b>Ferronióbio</b>	1.331.514.767	<b>64.658</b>
<b>Cobre</b>	1.928.278.468	<b>1.115.476</b>
<b>Bauxita</b>	265.340.707	<b>10.449.818</b>
<b>Manganês</b>	201.815.071	<b>2.010.141</b>
<b>Pedras nativas e revestimentos ornamentais</b>	1.138.347.911	<b>2.458.881</b>
<b>Caulim</b>	180.228.358	<b>1.717.430</b>
<b>Outros</b>	388.681.226	<b>2.497.881</b>
<b>Total</b>	21.616.603.157	<b>394.317.332</b>
<b>Total Setor mineral/ Anos</b>		<b>2016</b>
<b>Exportações minerais</b>		<b>US\$ 21.616.603.157</b>
<b>Saldo mineral</b>		<b>US\$ 16.114.651.598</b>

Fonte: IBRAM(2017) (modificado)

## 2.2 Contexto da Mineração no Rio Grande do Norte

De acordo com Angelim (2007), os recursos minerais no Rio grande do Norte abrange a água mineral, gemas (água marinha, safira, ametista, por exemplo), metais nobres (ouro), ferrosos, não-ferrosos e semi-metais (berilo, tantalita-columbita, dentre outros), materiais de uso na construção civil (areia, argila, rocha ornamental, etc.), rochas e minerais industriais (amianto, caulim, diatomita, enxofre,...) e recursos minerais energéticos (minério de tório, minério de urânio, petróleo, gás natural e turfa).

Apesar da ampla gama de recursos minerais que o estado comporta, apenas cerca de 22 bens minerais é explorada (DNPM,2010).

Ainda de acordo com a mesma publicação, grande parte do que é explorado no estado alimenta em insumos o setor da construção civil, de acordo com a tabela 2, abaixo:

**Tabela 2-Distribuição setorial da quantidade consumida por substâncias.**

<b>CLASSE/SUBSTÂNCIA</b>	<b>SETORES DE CONSUMO/USO</b>
<b>Metálicos</b>	
Ferro	Construção civil (100%)
<b>Não metálicos</b>	
Areia	Construção civil (67,10%), Pavimentação asfáltica (16,38%), Argamassa para construção (9,52%), Não informado (7%)
Argilas	Cerâmica Vermelha (45.88%), Não Informado (54.12%),
Calcário	Construção civil (97,10%), Extração e beneficiamento de minerais (1,38%), Não informado (0,92%)
Diatomita	Tintas, Esmaltes e Vernizes (65.79%), Fertilizantes (17.76%), Não Informado (16.45%),
Rochas (Britadas) e Cascalho	Pavimentação Asfáltica (89.32%), Construção Civil (5.82%), Construção/Manutenção de Estradas (0.57%), Não Informado (4.29%),
Rochas ornamentais	Ornamentação (40.14%), Construção Civil (36.75%), Extração e Beneficiamento de Minerais (23.11%),
Saibro	Pavimentação Asfáltica (100.00%),
Talco e outras cargas minerais	Pisos e Revestimentos (100.00%),

Fonte: DNPM(2010) (modificado).

De acordo com o levantamento realizado por Lima *et al.*(2012), a argila é extraída ao longo de rios e açudes nos municípios de Assú, Mossoró,

Ipanguaçu, Macaíba e São Gonçalo. A produção de argila no estado é quase completamente absorvida pela indústria ceramista, sendo seu principal pólo o município de Assú. Outra substância forte de extração do estado, o calcário. Em relação ao minério de ferro, a produção ocorre principalmente nos municípios de Jucurutu e Cruzeta. Segundo Angelim *et al.*(2007), a mineralização ferrífera encontra-se constituída por hematita e magnetita, itabiritos e quartzitos ferruginosos. Mesmo não estando na tabela 1, como uma das substâncias consumidas no ano de 2009, anuário mais atualizado disponível pelo DNPM, a *sheelita* ocorre principalmente no município de Currais Novos hospedadas em rochas calcissilicáticas (ANGELIM *et al.*,2007).

Em suma, há grande potencial do Estado do Rio Grande do Norte no setor da mineração, porém segundo Lima *et al.*(2012), há desafios no quesito logística, dentre outros aspectos que colaboram por tornar a produção cara e inviável.

### **2.3 Impactos ambientais oriundos da Mineração**

Impactos ambientais de um empreendimento não necessariamente tem caráter negativo. De acordo com a Resolução 001/86 do CONAMA, impacto ambiental pode ser definida como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia e resultante de atividades humanas que direta ou indiretamente afetam a segurança, a saúde o bem-estar, as atividades socioeconomicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias e a qualidade dos recursos ambientais.

Sendo assim, o empreendimento pode gerar tanto impacto positivo quanto negativo no meio ambiente.

Dentre os impactos positivos, pode-se elencar: geração de emprego e renda, atendimento da necessidade da sociedade por ser base da cadeia produtiva da outras indústrias, melhoria da qualidade de vida da população. Devido ao caráter extrativista da mineração, os impactos ambientais negativos são significativos e relaciona-se com a quantidade de resíduos gerada, potenciais passivos por contaminação, modificações do habitat natural de espécies, barramento de rejeitos, efeitos da drenagem ácida de mina na qualidade da água e na fauna, potencial de acidentes decorrentes de

rompimento de barragens de rejeitos ou pilhas de estéril, que podem ocorrer após o fechamento da mina, etc (IBRAM,2013).

## **2.4 Resíduo da mineração**

Para obtenção do minério, são executadas as etapas de lavra e de beneficiamento. Na etapa da lavra, há a retirada do minério da jazida. Já na etapa do beneficiamento, há o tratamento do produto retirado da lavra, onde é feita uma preparação granulométrica e concentração, com o objetivo de extrair o mineral de interesse econômico. Por fim, tem-se o produto final da obtenção.

No processo de lavra e beneficiamento, há grande geração de resíduos, que por sua vez devem ser tratados e dispostos adequadamente. Dessa maneira, minimiza-se o impacto ambiental negativo decorrente.

Os principais tipos de resíduos gerados na mineração, de forma ampla, a considerar seus volumes são: estéreis e rejeitos (BOSCOV,2008).

Os estéreis compreendem todo o material gerado pela escavação e retirada para atingir os veios do minério. Assim sendo, não possui valor econômico e são dispostos em pilhas.

Os rejeitos são produtos do beneficiamento, geralmente compostos de partículas provenientes da rocha e de outras substâncias provindas do próprio beneficiamento. Genericamente, o processo de beneficiamento consiste em regularizar o tamanho dos fragmentos, remover minerais associados economicamente sem valor e, por fim, aumentar a qualidade do produto final em termos de pureza do produto final (maior teor do minério). Dependendo do tipo do minério a ser beneficiado, os processos empregados no beneficiamento podem contemplar ou não todos esses processos: britagem, moagem, peneiramento e concentração. Esse último, pode ser feito por densidade, separação magnética, separação eletrostática, ciclonagem, aglomeração, flotação, lavagem, secagem, pirólise ou calcinação. A tabela 3, abaixo mostra a relação de alguns minérios e quantidade de rejeito produzido:

**Tabela 3-Relação entre a quantidade de minério e rejeito produzido.**

	Minério	Rejeito
Ferro	2	1
Carvão	1	3
Fosfato	1	5
Cobre	1	30
Ouro	1	10000

Fonte:NEVES et al.(2016) adaptado de Abraão (1987) e Boscov (2008).

De acordo com essa tabela, é possível inferir que o processo de beneficiamento é responsável por gerar uma alta quantidade de rejeitos. Esses rejeitos podem ser dispostos em: superfície, em cavidades subterrâneas ou em ambientes subaquáticos. Porém, é comum os rejeitos serem depositados sobre a superfície do terreno, em bacias de disposição formadas por barragens e diques. Esse último tem como objetivo evitar que percolados atinjam águas superficiais e subterrâneas e que o material particulado cause assoreamento de cursos de água (BOSCOV,2008).

## **2.5 Caracterização mecânica, física, e mineralógica**

Com o objetivo final de garantir segurança e o menor custo possível de uma obra, a indústria da construção civil desenvolveu um conjunto de normas a fim de padronizar a caracterização dos materiais naturais utilizados e, por fim, destinar esses materiais para cada uso de acordo com as características obtidas nos ensaios propostos por tais normas. Sendo assim, serão apresentados alguns ensaios realizados a fim de caracterização física, mecânica e mineralógica.

## **2.6 Característica mecânica**

### **2.6.1 Resistência à compressão simples ou uniaxial e o esclerômetro de Schmidt**

Para fins de avaliação de um material sólido segundo sua resistência a esforços compressivos, o ensaio de compressão uniaxial é comumente utilizado Moura (2012), pois permite quantificar valores máximos de tensão que esse material suporta imediatamente antes da ruptura.

Conforme ensaio definido pela norma NBR 15845 Anexo E (ABNT,2010) o ensaio é conduzido com um número mínimo de cinco corpos de prova de geometria cúbica, cujas arestas devem medir aproximadamente 7,0 cm. No caso de rochas foliadas, no mínimo dez corpos de prova são submetidos ao ensaio. Porém, nesse último caso, faz-se necessário esforços compressivos nos sentidos paralelo e perpendicular à foliação Moura (2012). A tensão de ruptura é calculada pela expressão:

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \text{ (Equação 1)}$$

Onde:

$\sigma_c$ =Tensão de ruptura, expressa em megapascals (Mpa);

P= Força máxima de ruptura, expressa em quiloNewtons (kN);

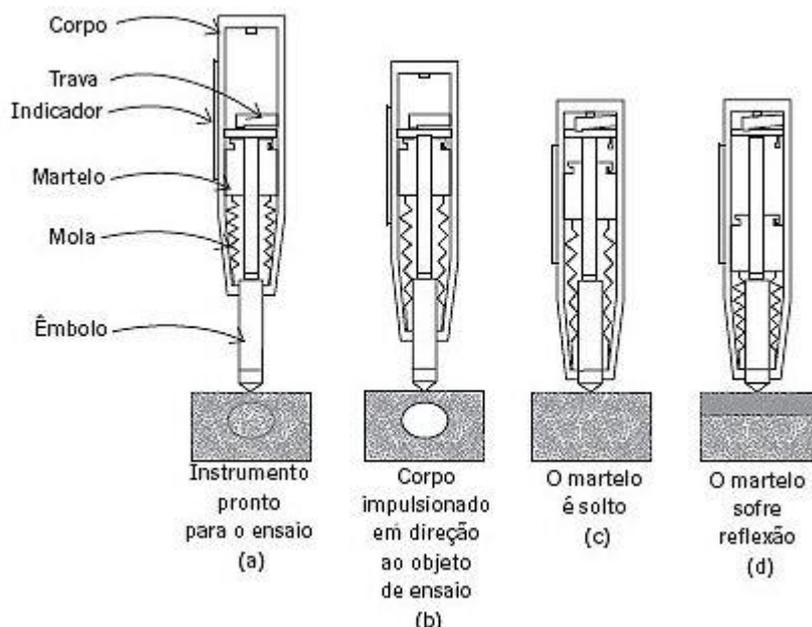
A= Área da face do corpo de prova submetido ao esforço compressivo do ensaio (m<sup>2</sup>).

Porém, a resistência à compressão simples pode ser correlacionada com a denominada dureza de Schmidt, determinada através do ensaio esclerométrico Neto *et al.*(2016). Também conhecido como martelo de Schmidt, o esclerômetro de Schmidt foi, *a priori*, projetado para medir resistência de concreto Ávila (2012). Mas, posteriormente foi adaptado para teste em rochas, sendo capaz de fornecer valores tanto de resistência à compressão quanto dos seus respectivos módulos de elasticidade (FIORI & CARMIGNANI,2001). Além disso, tal ensaio fornece uma estimativa rápida, econômica e não destrutiva do material analisado (NETO *et al.*(2016);(AYDIN & BASU,2005 in OLIVEIRA,2016).

O funcionamento do esclerômetro baseia-se no princípio do ricochete, o qual consiste em medir o retorno de uma força no regime elástico após seu impacto com a superfície do material (rochas, concretos,etc) (MALHOTRA & CARINO,2004). Basicamente, uma mola interna ao equipamento é contraída no momento em que o equipamento está contra a superfície do material em análise. Uma vez que essa mola é total retraída, um peso é liberado, atingindo um ponteiro. Esse último atingirá o material e esse, por sua vez, “ricocheteará”, produzindo uma quantidade de rebotes, que é registrada na escala graduada do equipamento, denominado número de rebote de Schmidt (R). Tal quantidade de rebotes é proporcional à dureza da rocha e, juntamente com seu valor de densidade e a posição a qual o esclerômetro estava disposto em relação à

superfície da rocha em estudo (perpendicular, 45°, etc), pode ser obtido os valores de resistência à compressão correspondentes Ávila (2012) (OLIVEIRA,2016). O funcionamento do esclerômetro está melhor ilustrado na figura 3, abaixo:

**Figura 3-Componentes do esclerômetro e esquema de seu funcionamento.**



Fonte: Mehta & Monteiro (2008)

A tabela 4 e tabela 5, abaixo, apresenta valores de resistência mecânica para alguns tipos de rochas:

**Tabela 4:Valores de resistência mecânica de algumas rochas.**

Litologia	Nº de Schmidt	$\sigma$ (MPa)
Filito	39	59
Xisto	44	92
Pegmatito	32	86
Granito	45	120
Filão de quartzo	23	122
Corneana	53	138

Fonte: Dinis & Bernardo (2002). Modificado.

**Tabela 5: Valores médios de resistência à compressão para diferentes tipos de rochas. Modificado.**

<b>Rocha</b>	<b>Valores do teste de Schmidt (MPa)</b>
<b>Muscovita xisto</b>	46±13,8
<b>Pegmatito</b>	82,5
<b>Biotita xisto</b>	75±24,8
<b>Biotita gnaisse</b>	81,1±21,0

Fonte: Sjöberg,(1999) Modificado.

Segundo Fiori (2015), a resistência mecânica diminui com a alteração das rochas, seja por processos metamórficos, magmáticos ou intempéricos. Além disso, segundo o mesmo autor, as discontinuidades presentes tais como: juntas, falhas, contatos litológicos são fatores que possuem relevância ainda maior no que diz respeito à influência na própria resistência.

Além disso, fatores como mineralogia, textura, granulometria e material cimentante possui significativa importância na resistência mecânica de uma rocha.

## **2.7 Índices físicos**

### **2.7.1 Massa Específica**

Uma das utilidades em determinar a massa específica é a diferenciação macroscópica em laboratório de alguns tipos de rochas. Genericamente, o ensaio de determinação da massa específica é realizado utilizando uma balança hidrostática, medindo-se a massa das amostras no ar ( $M_{ar}$ ) e a massa úmida ( $M_w$ ). A massa específica da amostra analisada é:

$$\rho = \frac{M_{ar} - M_w}{M_{ar}} \text{ (Equação 2)}$$

Considerando o agregado graúdo, uma norma corriqueiramente utilizada para determinar esse índice físico é a norma ABNT NBR NM 53: 2003 a qual caracteriza os agregados graúdos para concreto.

A tabela 6, abaixo, reúne valores de densidade para alguns tipos de rochas:

Tabela 6: Valores de densidade de alguns tipos de rochas.

Tipo de rocha	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
Dolerito	3,012
Basalto	3,001
Biotita gnaisse	2,636
Anfibolito	2,859
Pegmatito	2,701
Quartzito	2,617
Gnaisse porfirítico	2,718

Fonte: Singh et al (1987) (modificado)

### 2.7.2 Absorção de água

Na aplicação do agregado graúdo para concreto é importante determinar a absorção desse material tanto para prever seu comportamento mecânico quanto avaliar o quanto esse agregado absorve água que pode agir direto sobre argilominerais expansivos, quando da presença deles Queiroz (2016)

A absorção de água em amostras de rocha é determinada através da Equação 3, abaixo:

$$A_{abs} = \frac{M_s - M_w}{M_s} 100(\%) \text{Equação 3}$$

Onde:

M<sub>s</sub>= Massa seca da amostra

M<sub>w</sub>=Massa úmida

Uma das normas utilizadas para determinar esse índice físico é a norma ABNT NBR NM 53: 2003.

Quando da determinação da quantidade de água absorvida pela amostra, deve-se considerar que nem todos os vazios foram preenchidos por esse fluido, devido à inacessibilidade de alguns poros que podem ocorrer devido tanto à dimensão desses poros quanto da viscosidade (QUEIROZ,2016).

A tabela 7, abaixo, mostra variação de valores de absorção de alguns tipos litológicos.

Tabela 7: Valores de absorção de algumas litologias.

Tipo de rocha	Absorção (%)
Granito pegmatítico	<b>0,96</b>
Basalto maciço	<b>0,21</b>
Diorito	<b>0,42</b>
Anfibolito	<b>0,19</b>
Biotita gnaisse	<b>0,85</b>
Xisto	<b>1,49</b>

Fonte: Ahmed et al (2016) (modificado)

### 2.7.3 Porosidade

Resumidamente, porosidade é definida como todo o volume de poros, fraturas, ranhuras, etc, ou generalizando, todo fluido (gás, água, hidrocarbonetos) contido no volume total da amostra (SCHÖN,2015).

A porosidade total da amostra pode ser determinada através da equação:

$$\emptyset = \frac{V_{\text{poros}}}{V_{\text{total}}} = \frac{V_{\text{total}} - V_{\text{sólidos}}}{V_{\text{total}}} \times 100\% \text{ (Equação 4)}$$

Onde:

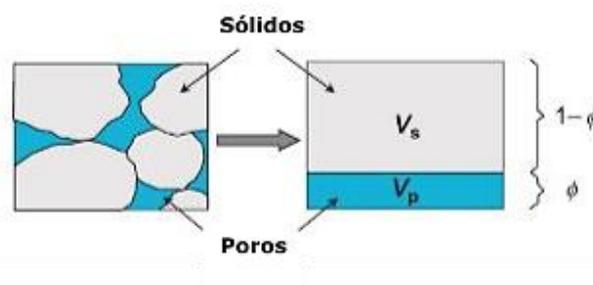
$V_{\text{poros}}$  = volume de todos os poros (espaços vazios que um fluido pode ocupar)

$V_{\text{total}}$  = volume total da amostra

$V_{\text{sólidos}}$  = volume de todos os componentes minerais sólidos

A porosidade é costumeiramente dada em porcentagem, mas também pode ser representada sob uma fração volumétrica. A figura 4, abaixo, ilustra o volume de sólidos e vazios dentro de uma amostra:

Figura 4: Seção simplificada de uma rocha e seus componentes: volume de sólidos, volume de vazios e suas respectivas relações com a porosidade ( $\Phi$ ).



Fonte: SCHÖN, 2015 (modificado).

A tabela 8, abaixo, mostra valores de porosidade médios para alguns tipos de rochas:

**Tabela 8: Valores de porosidade de alguns tipos de rochas.**

<b>Tipo de rocha</b>	<b>Porosidade (%)</b>
<b>Dolerito</b>	1,90
<b>Basalto</b>	1,35
<b>Biotita gnaiss</b>	0,54
<b>Anfibolito</b>	2,19
<b>Pegmatito</b>	0,51
<b>Quartzito</b>	0,48
<b>Gnaiss porfirítico</b>	1,28

Fonte: Singh et al (1987) (modificado)

## **2.8 Reação álcali-agregado**

A Reação Álcali-Agregado (RAA) define-se como uma patologia do concreto. Tal patologia é resultado da reação de minerais reativos do agregado com os álcalis do cimento, envolvendo outros fatores responsáveis por acelerar tal reação, citados posteriormente no item 2.8.2, cujos produtos podem assumir os sintomas de expansão tais como fissuras e deslocamentos, os quais são capazes de comprometer o tempo de vida útil do concreto devido à perda da resistência e elasticidade (HASPARYK, 2005; MEHTA & MONTEIRO, 1994). Porém, segundo Mizumoto (2009), Correlacionar os sintomas observados e a ocorrência de RAA nem sempre é fácil interpretar, uma vez que existem outras manifestações referentes a outras patologias.

### **2.8.1 Tipos de reação álcali agregado**

A RAA pode ser classificada em função do tipo e mineralogia do agregado reativo envolvido. São três tipos: Reação álcali-sílica (RAS), reação álcali-silicato e reação álcali-carbonato (FURNAS, 1997).

**Na Reação álcali-sílica (RAS)**, os hidróxidos alcalinos do cimento e algumas formas de sílica são os reagentes. Assim, a reação desencadeia-se quando os cátions alcalinos e os íons hidroxila das soluções dos poros do concreto interagem com algumas formas de sílica como: opala, calcedônia,

crystalita, tridimita, os vidros naturais e artificiais e o quartzo microcristalino/criptocristalino e deformado (DIAMOND, 1975).

**Na Reação álcali-silicato**, ocorre o mesmo mecanismo da RAS, porém ocorre mais lentamente, devido à distribuição disseminada na matriz do agregado (HASPARYK, 2005). Nesse tipo de reação, os minerais envolvidos de forma mais correntemente relatada são: minerais expansivos do grupo dos filossilicatos (vermiculita, illita e montmorilonita) (DUNCAN, GILLOT & SWENSON, 1973, KIHARA, 1986; HOBBS, 1988). Outros minerais são destacados por Van Aardt & Visser (1977) e Visvesvaraya *et al.* (1986): feldspatos alcalinos e alguns minerais presentes nos folhelhos argilosos.

**Na Reação álcali-carbonato**, há reação entre os álcalis do cimento e as dolomitas presentes nos calcários. Consequentemente, há formação do hidróxido  $Mg(OH)_2$ , denominado brucita. Essa reação é denominada de “desdolomitização”. Diferente das reações anteriores, não caracteriza-se por formar gel expansivo (KIHARA & SCANDIUZI, 1993).

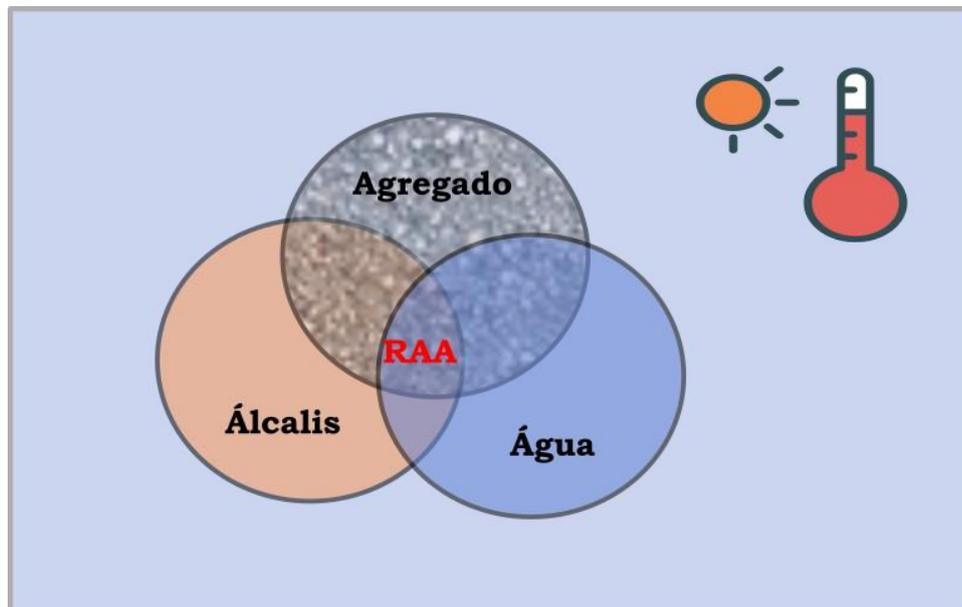
### 2.8.2 Fatores desencadeadores da RAA

Além dos agregados, convém destacar fatores capazes de interferir na velocidade e intensidade da reação:

- Teor de álcalis e consumo de cimento: O teor, bem como o consumo de cimento no concreto, são diretamente proporcionais às expansões (BICZOK, 1972; POOLE, 1992);
- Estrutura do mineral: Quanto mais desordenada e instável a estrutura cristalina da fase mineral presente no agregado, mais reatividade;
- Umidade: A umidade relativa na faixa de 80 a 85% no ambiente onde o sistema cimento-agregados do concreto estão presentes, maiores serão a magnitude da RAA (HASPARYK, 2005). Segundo Mehta & Monteiro (1994), estruturas de barragens, fundações de pontes e estruturas marinhas são mais susceptíveis.
- Temperatura: Assim como a maioria das reações, quanto maior a temperatura, maior a velocidade de reação (BICZOK, 1972; BULLETIN 79, 1991).

Resumindo, a figura 5 abaixo ilustra os fatores capazes de desencadear e/ou tornar a velocidade da reação favorável ao RAA:

**Figura 5: Fatores de ocorrência da Reação Álcali-agregado. Notar que a temperatura, assim como a disponibilidade de álcalis no cimento, umidade e fases reativas presentes no agregado utilizado contribui para acelerar ou não essa patologia**



.Fonte: <http://eng-consult.blogspot.com/2012/11/reacao-alkali-agregado.html> (modificado)

A norma utilizada para verificar a reatividade dos agregados para a RAA é a ABNT NBR 15577 (2008) e é dividida em 6 partes:

- Parte 1: É um guia para avaliar a reatividade potencial e medidas preventivas no uso de agregados para concreto;
- Parte 2: Normatiza os procedimentos de coleta, preparo e periodicidade de ensaios de amostras de agregados para concreto;
- Parte 3: Normatiza a análise petrográfica para fins de verificar a potencialidade reativa de agregados na presença dos álcalis do concreto;
- Parte 4: Ensaio usado para determinar expansão em barras de argamassa pelo método acelerado;
- Parte 5: Ensaio no qual permite determinar a mitigação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado;
- Parte 6: Ensaio para determinar expansão em prismas de concreto.

Porém, será abordado nesse trabalho a parte 3 dessa norma, uma vez que é esse trecho o que diz respeito ao método para análise petrográfica para fins de avaliação da potencialidade da RAA em presença dos álcalis do concreto.

É importante observar que a ABNT NBR 15577-3 não se aplica a agregado miúdo. Para esse caso, a própria norma recomenda a ABNT NBR 7389.

### 2.8.3 Análise Petrográfica

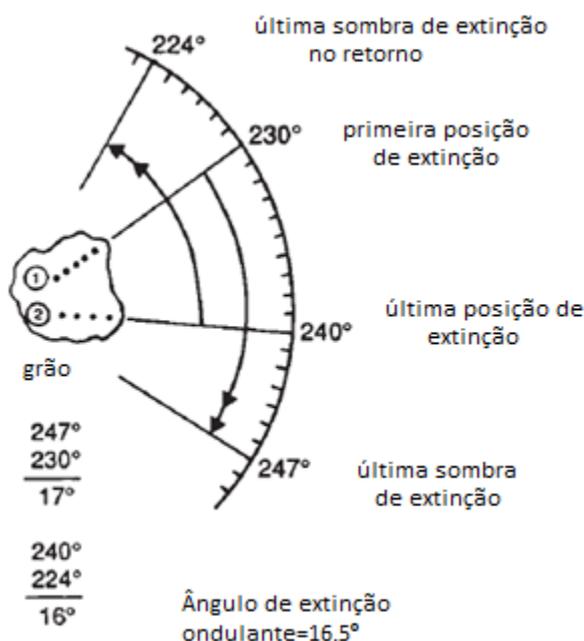
A análise petrográfica é realizada com o auxílio de um microscópio petrográfico de luz transmitida, de dupla polarização, com sistema para conosopia. As amostras analisadas devem ser confeccionadas sob seções delgadas sob as rochas coletadas de acordo com a ABNT NBR 15577-2. As seções devem ter as seguintes dimensões: aproximadamente 30 $\mu$ m de espessura, laterais de aproximadamente 20mm-30mm e 30-50mm (ABNT NBR 15577-3).

O procedimento para análise consiste, primeiramente, em examinar macroscopicamente a amostra quanto ao tipo (cascalho, pedrisco, fragmento de rocha, testemunho de sondagem ou pedra britada), às propriedades físico-mecânicas (muito coerente, coerente, pouco coerente ou friável), à cor e a estrutura (maciça, foliada, bandada, etc.). A nível microscópio registrar as características da rocha quanto:

- À textura;
- À granulação: média (5mm e 1mm), grossa (3cm e 5cm) ou fina (<1mm);
- À composição mineralógica, bem como o percentual (estimado por contagem) de ocorrência. Caso ocorra opacos, é importante registrar também a porcentagem de ocorrência, uma vez que a presença de sulfetos podem levar a manifestações patológicas alheias a RAA. Para isso, recomenda-se ensaios complementares;
- À presença (ou ausência) de minerais e fases deletérias quanto à RAA. Quando da presença, estimar o percentual de cada fase, apresentadas na tabela 9;
- Percentual da quantidade de quartzo microgranular (grão cuja dimensão é menor que 0,15mm). Classificar conforme os intervalos: menor que 5%, entre 5% e 15% e maior que 15%. Na estimativa incluir, além do quartzo microgranular, o quartzo mirmequítico;
- Para a presença de feldspato em rochas deformadas: indicar se há textura mirmequítica, pertítica (do tipo “em chama”) ou não aplicável;

- Estado microfissural: se é ausente, moderada ou forte;
- Estado de alteração da rocha: são, pouco alterada ou alterada. Se possível, descrever o estado de minerais específicos;
- Natureza da rocha (ígnea, sedimentar ou metamórfica) e classificação petrográfica;
- Quartzo com extinção ondulante. O ângulo de extinção pode ser quantificada de acordo com Dolar-Mantuani. A figura 6 ilustra como o petrógrafo deve proceder para a determinação desse ângulo:

**Figura 6: Esquema do procedimento de medida do ângulo de extinção, de acordo com Dolar-Mantuani**



Fonte: Lamas (2012) APUD Dolar-Mantuani in Swami (2003).

Se necessário, podem ser empregadas técnicas adicionais como: análise por difração de raios-x (DRX), análise termodiferencial (ATD) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Uma das situações que convém utilizar essas técnicas e outras complementares, é o caso de a amostra apresentar quantidade expressiva de argilominerais e minerais não identificáveis pela técnica usual de petrografia exposto nessa norma (ABNT NBR 15577-3:2008). A tabela 9, abaixo mostra minerais e rochas suscetíveis à reação álcali-agregado.

Tabela 9: Fases minerais propensas à reação alcali-agregado.

<b>Minerais reativos, com cristalinidade baixa ou sílica meta-estável e vidros vulcânicos</b>		
Material reativo	Rochas de ocorrência	
	Rochas sedimentares	Rochas vulcânicas
Opala, tridimita ou cristobalita, vidro vulcânico ácido, intermediário ou básico	Rochas sedimentares contendo opala, como folhelho, arenito, rochas silicificadas, alguns <i>cherts</i> e <i>flints</i> e diatomito	Rochas vulcânicas com vidro ou vitrofíricas: rochas ácidas, intermediárias ou básicas como riolito, dacito, latito, andesito, tufo, perlita, obsidiana e todas as variedades contendo uma matriz vítrea, alguns basaltos
Rochas reativas contendo quartzo		
Material reativo	Tipos de rochas	
Calcedônia, quartzo micro e criptocristalino. Quartzo macrogranular, com o retículo cristalino deformado, rico em inclusões, intensamente fraturado, com quartzo microcristalino no contato do grão	<p><i>Chert, flint</i>, veio de quartzo, quartzito, quartzo arenito, arenito quartzoso, calcário silicoso</p> <p>Rochas vulcânicas com vidro devitrificado micro ou criptocristalino</p> <p>Rochas micro ou macrogranulares que contenham quartzo micro ou criptocristalino ou quantidade significativa de quartzo moderadamente ou intensamente tensionado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- rochas ígneas: granito, granodiorito e charnockito</li> <li>- rochas sedimentares: arenito, grauvaca, siltito, argilito, folhelho, calcário silicoso, arenito e arcóseo</li> <li>- rochas metamórficas: gnaisse, quartzo-mica xisto, quartzito, filito, ardósia</li> </ul>	

Fonte: ABNT 15577-3

A classificação do agregado quanto à RAA é enquadrado como potencialmente inócuo ou potencialmente reativo, ou seja, a classificação do agregado é feita de forma qualitativa.

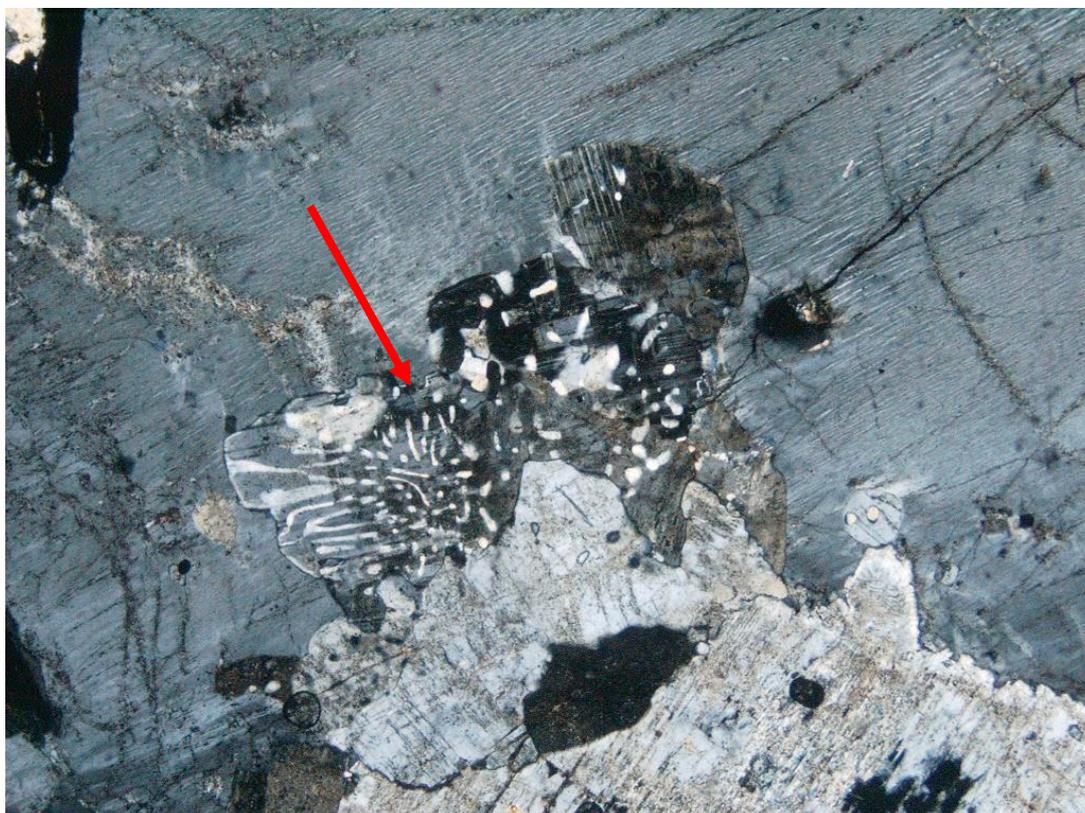
### Fases deletérias

Sabe-se que os agregados naturais provém das rochas, sendo essas últimas formadas por minerais. Os minerais por sua definição, são substâncias inorgânicas, possuem estrutura cristalina e composição química definida e sua gênese é condicionada, naturalmente, por processos geológicos (ABNT NBR 15577-3). Porém, a depender da condição geológica, esses minerais podem assumir caráter reativo, que para a norma ABNT NBR 15577-3 é denominada fase deletéria. Tais fases são detalhadas a seguir:

#### Texturas de exsolução reativas

**Mirmequita:** É um tipo de textura de exsolução comum em granitos, bem como rochas que sofreram metamorfismo em alto grau e milonitos (rochas de zonas de falha caracterizadas por alto estiramento dos seus minerais). A mirmequita resulta de um intercrescimento de quartzo e plagioclásio (usualmente oligoclásio) no qual o plagioclásio hospeda o quartzo, sendo este último caracterizado em forma vermicular ou em “gotas” (ABNT NBR 15577-3). A figura 7, abaixo, ilustra um exemplo de mirmequita:

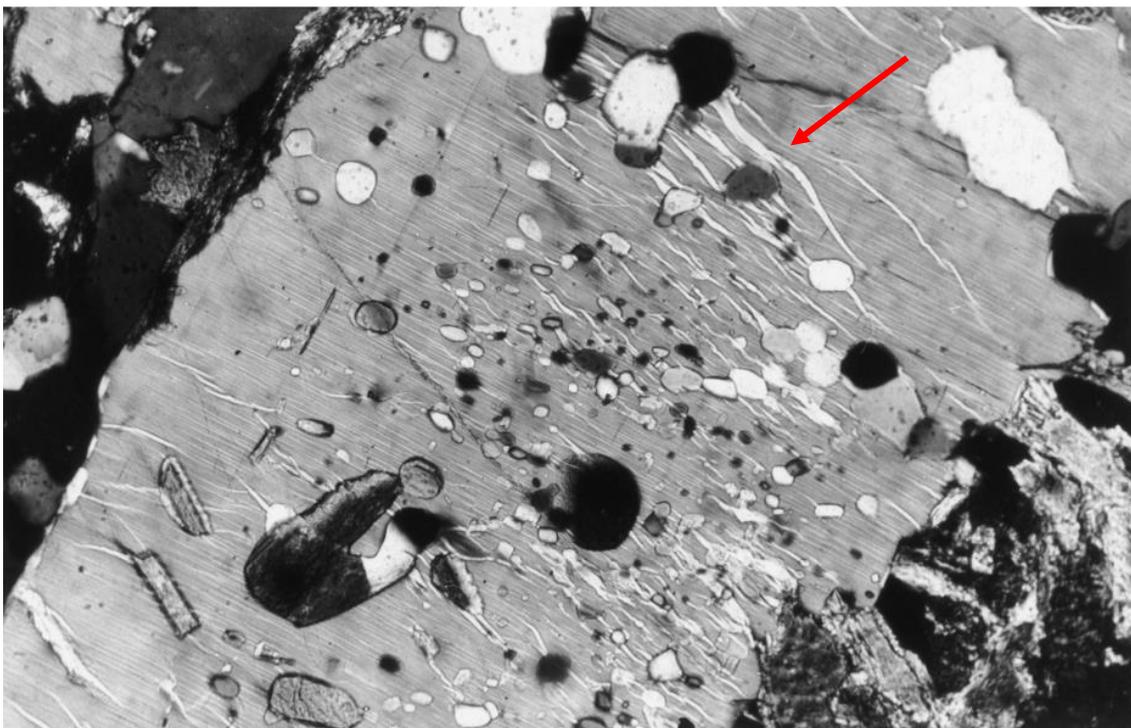
**Figura 7:** Textura de exsolução do tipo mirmequita, indicado pela seta vermelha. Notar o quartzo vermicular ou “em gotas” do quartzo, característico das mirmequitas.



Fonte: <http://petroigne.wordpress.com>. Acesso em 29-08-2018.

**Pertita:** Textura de exsolução também encontrada em rochas graníticas, assim como em gnaisses. É caracterizada pelo intercrescimento de plagioclásio (albita, mais comumente) em feldspato potássico (sendo o microclínio a variação de feldspato potássico mais comum), sendo esse último o hospedeiro. Porém, a variação reativa desse tipo de textura denomina-se pertita “em chama” (ABNT NBR 15577-3). A figura 8, abaixo, ilustra essa variação de pertita:

**Figura 8:** Pertita do tipo “em chama”. A seta vermelha indica as lamelas esbranquiçadas mais largas em relação às lamelas mais finas dentro desse mesmo grão



Fonte: Vernon (1999)

**Opala:** Forma hidratada de sílica ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), com estrutura cristalina pouco definida. Comumente encontrado em rochas sedimentares como *cherts* e como principal componente de diatomitos (ABNT NBR 15577-3).

**Calcedônia:** É o principal constituinte de *cherts* e é encontrada tipicamente em areias e cascalhos (ABNT NBR 15577-3).

**Zeólitas:** Termo genericamente usado para os minerais aluminossilicatos hidratados de elementos alcalino e alcalino-terrosos. Encontrados tanto como material de preenchimento de fissuras e cavidades em rochas ígneas quanto ocorrem como produto de alteração hidrotermal (tipo de processo metamórfico). Os minerais considerados deletéreos para a RAA são: heulandita, natrolita e

laumontita pelo fato de serem capazes de liberar álcalis no concreto (ABNT NBR 15577-3).

**Vidro vulcânico:** É considerada a parte amorfa, não cristalizada, das rochas vulcânicas (ABNT NBR 15577-3).

**Vidro devitrificado:** Devido a processos magmáticos tardios ou processos intempéricos, o resultado são material cristalino, comumente feldspatos e argilominerais (ABNT NBR 15577-3).

**Quartzo deformado:** É o quartzo submetido por deformações intracristalinas através de processos tectônicos. Nesse termo entra o quartzo que apresenta extinção ondulante, bandas de deformação e subgrãos (ABNT NBR 15577-3).

**Quartzo microgranular:** Todo quartzo cujo tamanho seja menor que 0,15mm (ABNT NBR 15577-3).

Embora as fases deletérias supracitadas ofereçam potencial risco reativo, a RAA é um processo ainda complexo de total compreensão, havendo interferências diversas (KIHARA, 1986). Mesmo assim, alguns autores buscaram compreender qualitativamente que fases minerais são mais propensas à patologia.

Wigun (1995) conduziu estudo com variados tipos de rochas capazes de promover a RAA, avaliando suas feições microestruturais utilizando testes modificados com barras de argamassa. Esse mesmo autor concluiu que a presença de quartzo microcristalino e o desenvolvimento de subgrão foram as feições que mais contribuiu para a reatividade das rochas analisadas.

Andrade *et al* (2006) conduziram um estudo associando a reatividade potencial de agregados. As fases reativas analisadas foram: quartzo com extinção ondulante moderada a forte, quartzo microcristalino e feldspatos alcalinos. Foram conduzidos ensaios de expansão, cujos resultados revelaram comportamento inócuo para as amostras que apresentaram apenas extinção ondulante.

Prado (2008) avaliou petrograficamente e experimentalmente agregados afetados por deformação tectônica, oriundos de zona de cisalhamento, atentando aos diferentes padrões texturais e mineralógicos reativos. Concluiu-se que o fator mais relevante para o desencadear da RAA foi a presença do quartzo microcristalino, resultante do tectonismo, enquanto que as rochas contendo apenas quartzo com extinção ondulante são muito menos susceptíveis

de desenvolvimento dessa patologia do concreto, pois agem de forma mais lenta, possivelmente explicada por possuírem menos defeitos cristalográficos do que o quartzo microcristalino e subgrão.

St'astná *et al.* (2015) analisou em diferentes rochas metamórficas ricas em quartzo (quartzito, paragnaisse e rocha calcissilicática) a fim de quantificar suas potencialidades perante a RAA, bem como identificar as fases reativas através de petrografia, correlacionando com os resultados do método das barras de argamassa. Concluíram-se que o quartzo com extinção ondulante e formação de subgrão no quartzo ofereceram maior potencial de RAA.

Desse modo, ainda é patente a complexidade em determinar com exatidão os agregados potencialmente reativos. Porém, de acordo com Kihara & Scandiuzzi (1993), o potencial para a reação álcali-agregado apresentam-se segundo a ordem crescente de reatividade: minerais cuja estrutura cristalina é organizada (quartzo com extinção ondulante e filossilicatos alterados), os minerais metaestáveis (tridimita e cristabilita), fases minerais micro e criptocristalina (calcedônia, quartzo microcristalino) e por fim as espécies mais reativas: as variações amorfas como a opala e o vidro, que segundo Hasparyk (1999), quanto mais amorfa a estrutura dos minerais presentes no agregados, mais reatividade para a RAA será.

Por fim, considerando as variações do quartzo, Grattan-Bellew (1992) reforça que a solubilidade do quartzo com dimensão inferior a 0,1mm é maior devido à maior superfície específica disponível. Ainda de acordo com o mesmo autor, o aparecimento da extinção ondulante no quartzo é a manifestação preliminar de um processo de deformação, que uma vez progressivo o grão de quartzo atingirá o grau de quartzo microcristalino e, portanto maior grau de reatividade.

## **2.9 Uso de resíduo de mineração como agregado**

Devido ao aumento exponencial da demanda de minérios, a disponibilidade de jazidas com altos teores ajustaram-se em inversa proporção. Com a exploração de jazidas mais modestas somada à crescente demanda, a quantidade de resíduos cresce na mesma proporção. Sendo a escassez de recursos atrelada aos impactos ambientais cada vez mais preocupantes, pesquisadores passam a direcionar seus esforços para manter o suprimento de recursos com o mínimo de prejuízos ambientais possível.

Sendo o setor da construção civil cuja demanda de insumos provenientes da mineração é considerada a maior, pesquisas abrangem larga aplicação.

Com frequência, resíduos de mineração foram aplicados para integrar camadas de pavimentação. Silveira (2010) avaliou as possibilidades de aproveitamento de resíduos de beneficiamento do xisto e granito, obtendo melhores desempenhos os resíduos de xisto no quesito de comportamento mecânico. Alecrim (2009) utilizou resíduos de quartzito, provando-se aptos para utilização em bases e sub-bases de estruturas de pavimentos. Gautan *et al* (2018) utilizou calcário como substituto do agregado convencional de asfalto, concluindo que algumas misturas são adequadas em situações de tráfego médio a baixo de veículos No Rio Grande do Norte, trabalhos como Gerab (2014) e Dantas (2015) utilizaram resíduo grosso de *Scheelita* e ferro, respectivamente para a mesma aplicação.

Como aplicação para agregados, Salguero *et al* (2014), Gonçalves & Moura (2002), Petry (2015), Santos *et al* (2012), Dutra (2015), Moreira *et al* (2014), Franco *et al* (2014), Santos *et al* (2015) concentraram esforços para substituir total ou parcialmente agregado miúdo natural por resíduos de manganês, serragem de granito, agregado de ágata, britagem de granito, resíduo de quartzo, quartzito, ferro e carvão respectivamente.

Já como aplicação de agregados graúdos, Kore & Vyas (2016), Kumar *et al* (2016), Dattatray & Vyas (2016), Ahmed *et al* (2014), Adom-Asamaah & Afrifa (2011) utilizaram resíduos de mármore, arenito, mármore, mármore e granito, e ouro (rocha utilizada foi o filito) como substitutos, obtendo bons resultados segundo sua substituição.

Considerando o estado do Rio Grande do Norte, não foram encontrados registros relacionados ao aproveitamento de resíduos de mineração como agregado, tanto miúdo quanto graúdo, bem como análises desses resíduos segundo a potencialidade à RAA para reuso como agregados graúdos.

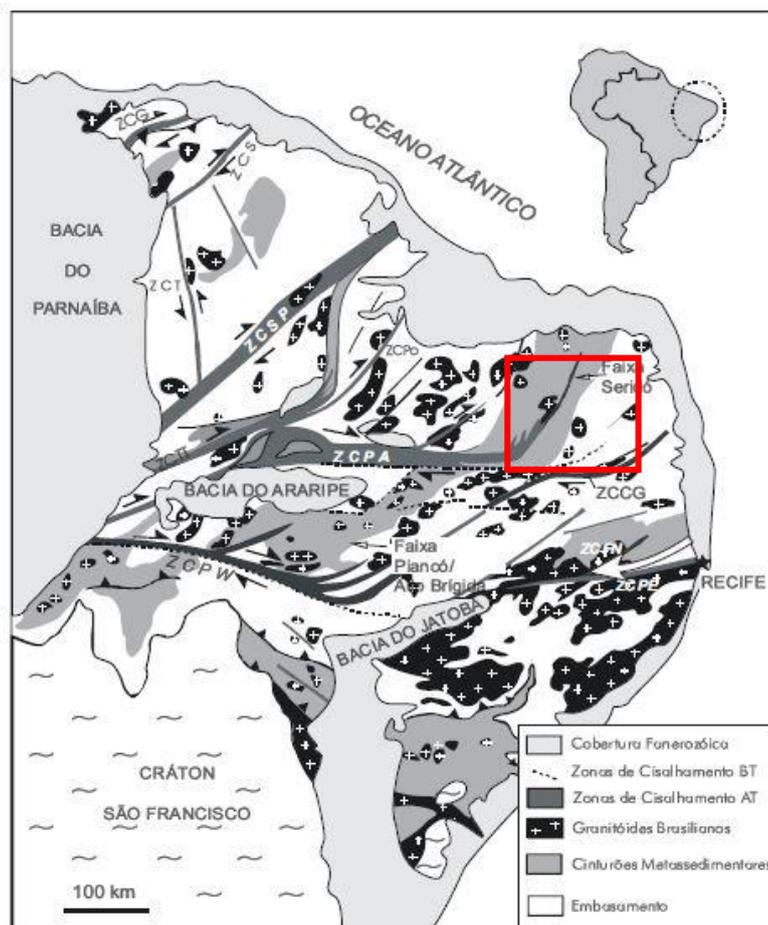
### **3-Materiais e métodos utilizados**

Previamente à obtenção das amostras e aplicação dos métodos os quais serão explicitados nos itens 3.3 e 3.4, o desenvolvimento da pesquisa envolveu uma fase pré-coleta, que consistiu no levantamento das empresas em atividade no setor minerário do Estado do Rio Grande do Norte. Uma vez coletadas as amostras nos pontos ilustrados no mapa da figura 12 foram conduzidos ensaios de caracterização física, mineralógica e mecânica para verificar suas propriedades, detalhados a partir do item 3.4.1.

### 3.1 Área de estudo

As amostras coletadas para esse estudo inserem-se geograficamente na porção seridó do Rio Grande do Norte. Geotectonicamente, essa área faz parte da Província Borborema (PB) (ALMEIDA *et al.*1977), a qual está situada à nordeste do Brasil e também limitada a oeste pelos sedimentos de idade Fanerozoica da Bacia sedimentar do Parnaíba, a norte-nordeste e leste por bacias também fanerozoicas costeiras e a sul e noroeste pelos crátons São Francisco e São Luiz, respectivamente (SOARES,2004). A figura 9, abaixo:

**Figura 9:Província da Borborema (Vauchez et al.,1995). As zonas de cisalhamento estão representadas na figura como: ZCCG (Zona de Cisalhamento Campina Grande; ZCPE (Zona de Cisalhamento Pernambuco Leste)ZCPW (Zona de Cisalhamento Pernambuco Oeste);ZCFN(Zona de Cisalhamento Fazenda Nova); ZCG (Zona de Cisalhamento Granja);ZCPO (Zona de Cisalhamento Portalegre);ZCPA (Zona de Cisalhamento Patos);ZCSP (Zona de Cisalhamento Senador Pompeu);ZCS (Zona de Cisalhamento Sobral); ZCTT (Zona de Cisalhamento Tatajuba;AT (Alta Temperatura); BT (Baixa Temperatura). Observação: A área em destaque (em vermelho) representa a área na qual a coleta das amostras estão inseridas**



Fonte:Soares (2004). (Modificado)

Em síntese, a PB constitui-se por sequências de rochas de caráter metassedimentar e metavulcânicas, compreendidas entre as idades meso e neoproterozoicas, com rochas de embasamento de idade paleoproterozoica. Além disso, ocorrem rochas de idade Arqueana. Em resumo, sua evolução atingiu seu auge com uma colagem tectônica brasileira/panafricana (evento tectônico) de ca. 600 Ma (BRITO NEVES *et al.*,2000 APUD ANGELIM *et al.*,2007), finalizando com um significativo plutonismo granítico (ANGELIM *et al.*,2007).

Ainda regionalmente, a área de coleta está inserida na Faixa Seridó (JARDIM DE SÁ, 1994), a qual insere-se dentro da PB. Essa Faixa é formada pelo Grupo Seridó (GS), que por sua vez é constituído por uma sequência de rochas metavulcanossedimentares, litoestratigraficamente na base do Grupo Seridó e designa-se Formação Serra dos Quintos. O GS também consta de rochas siliciclásticas e carbonáticas (Formações Jucurutu e Equador) e, no topo, de rochas predominantemente metapelíticas da Formação Seridó (ANGELIM *et al.*,2007;MOURA,2013).

A região a qual compreende a Província Pegmatítica da Borborema (PPB, SCORZA, 1944) está quase que em sua totalidade dentro da Faixa Seridó. Os pegmatitos encontram-se encaixados predominantemente nos micaxistos, quartzitos e gnaisses do Grupo Seridó, localmente nos metaconglomerados da Formação Equador. Porém, em menor extensão, ocorrem encaixados nos gnaisses e migmatitos do Complexo Caicó (MOURA,2013;BENVINDO DA LUZ,2003 APUD MOURA,2003).

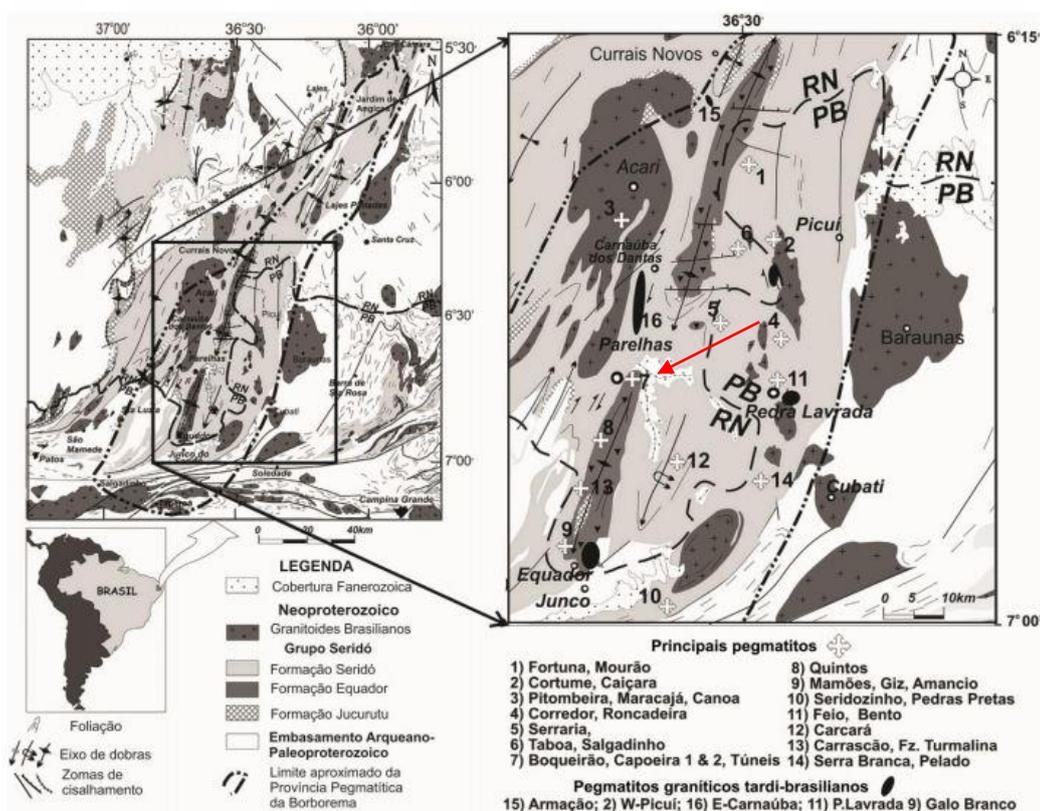
### **3.2 Geologia local**

Os gnaisses coletados ocorrem entre os municípios de São Fernando e Caicó. Segundo Torres *et al.*(1973), ocorrem lentes de muscovita quartzitos, os quais estão intercalados em granitoides de composição granodiorítica a granítica, sendo grossa a porfirítica sua textura, formando *augen* gnaisses cujos pórfiros são bem estirados, devido a um sistema de zonas de cisalhamento responsáveis pela deformação dessas rochas cujos *trends* são NW e NE, sendo esses maciços rochosos pertencentes ao embasamento do Complexo Caicó (DANTAS *et al.*,2002).

Os pegmatitos coletados situam-se na Província Pegmatítica do Seridó (PPS) e estão encaixadas nas rochas do GS. As rochas dessa Província

correspondem a um importante distrito mineiro localizado entre os estados do Rio Grande do Norte e Paraíba (Santos *et al.*,2014). Na figura 10 abaixo, estão ilustrados os pegmatitos inseridos na PPS. As amostras de pegmatitos coletados situam-se nos pegmatitos denominados Capoeira, Boqueirão, 1 & 2 e Túneis (Na figura, denominado 7), encaixados com os metaconglomerados da Formação Equador:

**Figura 10: Mapa geológico local dos pegmatitos pertencentes à Província Pegmatítica do Seridó. A seta vermelha indica o local de coleta dos pegmatitos.**

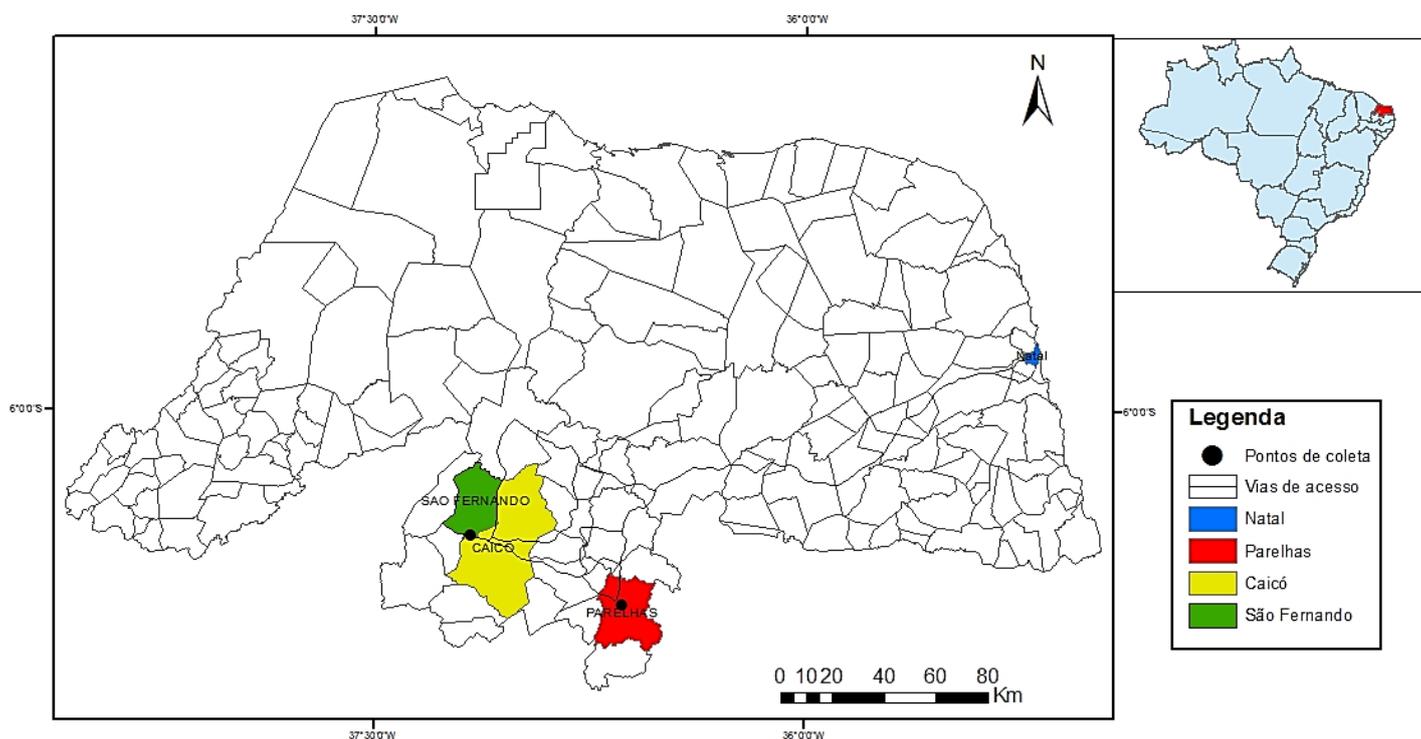


Fonte: Santos *et al.*,(2016) modificado de Buerlen *et al.* (2014).

### 3.3 Amostragem

O mapa ilustrado abaixo, na figura 11, ilustra os pontos de coleta das amostras estudadas nesse trabalho:

Figura 11: Mapa de localização dos municípios e os pontos de coleta das amostras.



Fonte: A autora.

A tabela 10 abaixo, ilustra como as 13 amostras coletadas foram catalogadas:

Tabela 10: Código das amostras e respectivas litologias

Amostra	AMPA-01	AMPA-02	AMPA-03	AMPA-04	AMPA-05	AMPA-06	AMPA-07	AMPA-08	AMPA-09	AMCA-01	AMCA-02	AMCA-03	AMCA-04
Litologia	Pegmatito	Gnaisse	Gnaisse	Gnaisse	Gnaisse								

Fonte: A autora.

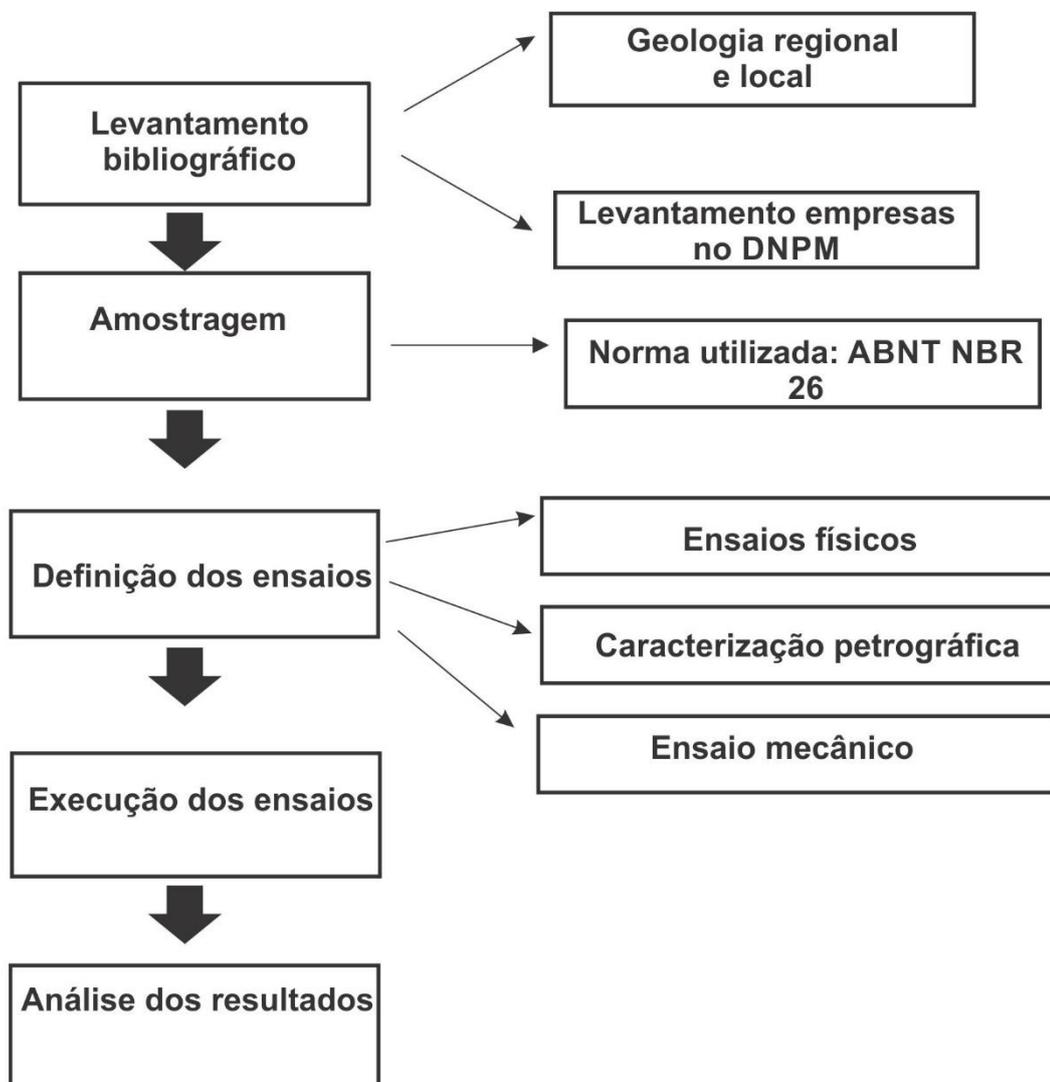
### 3.4 Métodos utilizados

Tendo em vista o objetivo do trabalho, foi desenvolvida uma proposta as quais consistiram nos seguintes passos:

- 1) Levantamento bibliográfico sobre as características da área de estudo e os potenciais pontos de coleta;
- 2) Amostragem realizada de acordo com a norma ABNT NBR NM 26, baseado na triagem de empresas com requerimento de lavra cadastradas no banco de dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), o SIGMINE. Ao todo foram coletadas 13 amostras, sendo 9 resíduos de rocha pegmatítica da mina Terra Branca (amostras catalogadas como:AMPA-01,AMPA-02,AMPA-03,AMPA-04,AMPA-05,AMPA-06,AMPA-07,AMPA-08 e AMPA-09), situada no município de Parelhas (RN) e 4 amostras de resíduo de rocha gnáissica da Pedreira (Britador Seridó), situada entre os municípios de Caicó e São Fernando (amostras catalogadas como: AMCA-01,AMCA-02,AMCA-03 e AMCA-04);
- 3) Definição dos ensaios a serem realizados de acordo com as especificidades das amostras coletadas;
- 4) Etapa de laboratório: foram realizados ensaios com o esclerômetro de Schmidt (ensaios mecânicos) para caracterizar as amostras em relação à resistência mecânica, ensaios físicos (densidade real, absorção e porosidade) e caracterização mineralógica-petrográfica para fins de avaliação do potencial à Reação Álcali Agregado. O conjunto de dados obtidos nos ensaios serviram de base para análise integrada das amostras.

O fluxograma abaixo, ilustra de forma resumida os passos metodológicos desenvolvidos nessa pesquisa:

Figura 12: Fluxograma das etapas metodológicas adotadas na pesquisa.



Fonte: a autora.

### 3.4.1 Ensaio mecânico

#### 3.4.1.1 Esclerômetro de Schmidt

Devido à impossibilidade de confecção de corpos de prova para realizar o ensaio de compressão uniaxial, foi eleito um método indireto e não destrutivo para obter medidas da resistência mecânica das amostras: o esclerômetro de Schmidt. Como descrito no capítulo 2, o esclerômetro foi desenvolvido *a priori* para medir dureza em concretos, sendo posteriormente aplicado para estimar resistência à compressão com o auxílio do ábacos ilustrado na figura 14.

**Figura 4:Ensaio de medida de valores para estimar a resistência à compressão das amostras utilizadas.**



Fonte: a autora

Para uma boa qualidade dos dados, faz-se necessário que a amostra possua ao menos uma das faces planas, previamente lixadas. Dessa maneira, assegurou-se o perfeito apoio na superfície e, sucessivamente o êmbolo do esclerômetro foi aplicado perpendicularmente à superfície da amostra e pressionada sobre a mesma, de acordo com a figura 13. Após o recolhimento completo do êmbolo, o aparelho libera a mola a qual realiza a medida do número de rebotes de Schmidt. Esse número de rebotes, juntamente com as medidas de densidade da amostra, bem como a posição do esclerômetro (nesse caso, perpendicularmente), é feita a leitura da resistência à compressão com o auxílio de um ábaco.

A organização dos dados a serem adquiridos nesse ensaio, de acordo com o código de cada amostra, respectivas medidas realizadas com o esclerômetro, bem como a média do conjunto de medidas para cada amostra e o valor corrigido está ilustrado na tabela 10, abaixo:

**Tabela 11: Modelo de tabela-base para organização e tratamento dos dados coletados.**

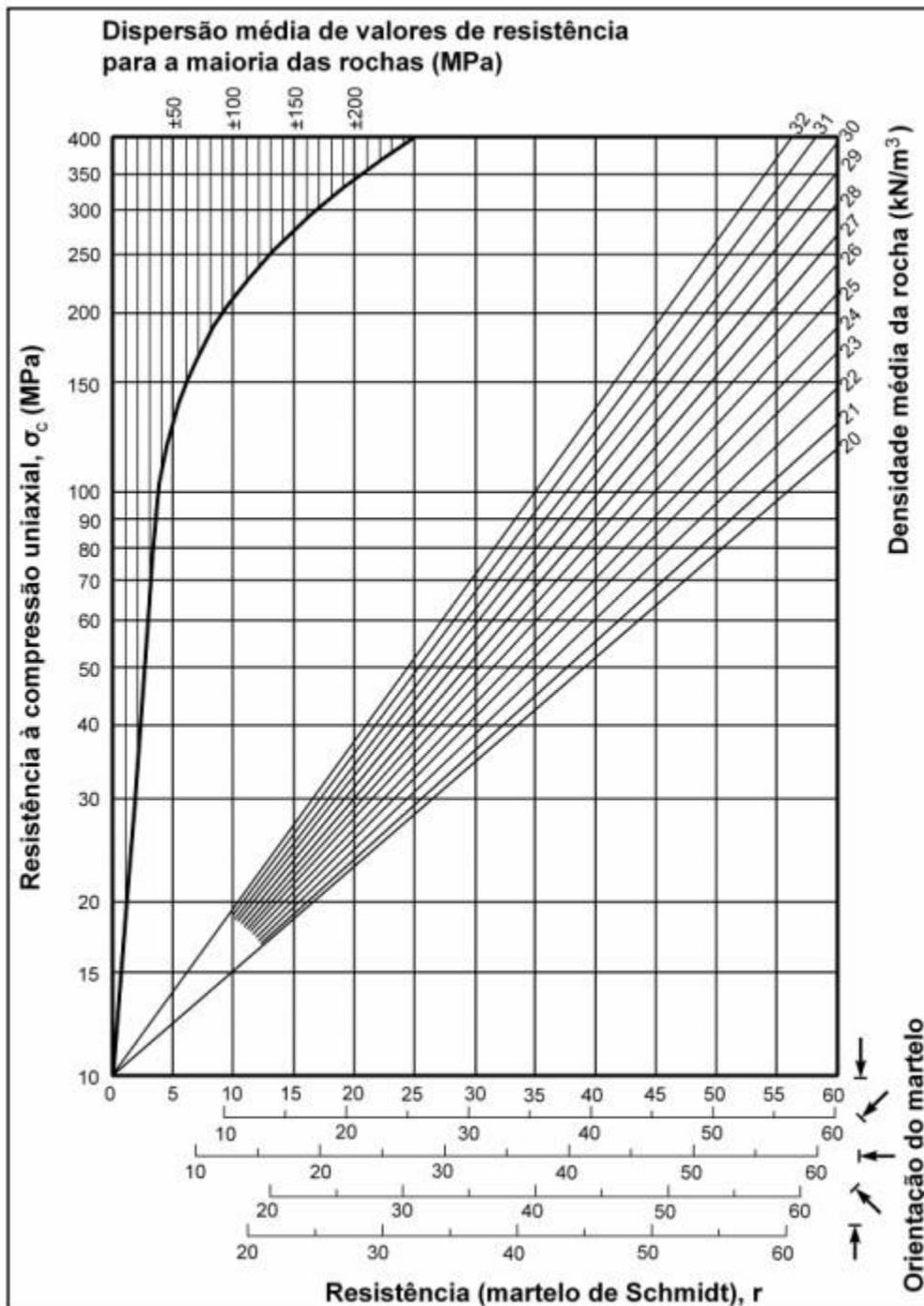
<b>Amostra</b>	<b>Teste com esclerômetro</b>	<b>Média</b>	<b>Valor final</b>
Código da amostra	Medidas	Média das medidas	Valor corrigido

Fonte: a autora

Para cada amostra estudada, foram realizados os testes com o esclerômetro e devidamente registrados. Para o tratamento dos dados foi calculada a média dos valores do conjunto de medidas para cada amostra. Para finalizar o tratamento dos dados das medidas feitas por esse teste, foi calculado o valor final a ser utilizado posteriormente no ábaco para leitura final dos valores de resistência mecânica. Para tanto, fez-se necessário ter os valores de densidade de cada amostra.

Os valores de densidade necessários à leitura do ábaco figura 14 foram obtidos no ensaio descrito no item 3.4.2. Os valores médios das densidades, juntamente com os valores médios obtidos com o esclerômetro foram utilizados para a leitura dos respectivos valores de resistência à compressão uniaxial:

Figura 5: Ábaco utilizado para leitura dos valores correspondentes de resistência à compressão uniaxial.



Fonte: Oliveira (2016). Adaptado de ISRM (2015)

### 3.4.2 Ensaios físicos

Os ensaios de determinação da massa específica e absorção de água foram feitos de acordo com a norma ABNT NBR NM 53: 2003. A porosidade, de acordo com a norma ABNT NBR 7418:1987.

Primeiramente, as 13 amostras coletadas foram colocadas para secar em estufa por um período de 24 horas. Após esse período, as amostras foram retiradas da estufa até atingir a temperatura ambiente e foram pesadas, a fim de obter suas respectivas massas secas. Após, as mesmas foram imersas em água pelas mesmas 24 horas, obtendo-se após esse período seus respectivos pesos imersos, de acordo com a figura 15 , abaixo:

**Figura 6: Pesagem das amostras imersas. O recipiente no qual está acoplado à balança de precisão utilizada.**



**Fonte: a autora**

Após a obtenção dos pesos imersos, todas as amostras foram dispostas à secagem de sua superfície, a fim de obter seus pesos saturados.

### **3.4.3 Caracterização mineralógica e petrográfica**

Essa etapa de laboratório consistiu na descrição petrográfica das lâminas confeccionadas a partir das amostras coletadas em campo, uma vez que um dos objetivos desse trabalho é avaliar a aplicabilidade dos resíduos para agregado em concreto. Para averiguar isso, é importante verificar o potencial reativo dos componentes mineralógicos e texturais desses resíduos para a reação álcali agregado de acordo com a norma ABNT NBR 15577-3 2008. Foi utilizado o microscópio petrográfico Olympus modelo BX41.

### 3.4.3.1 Reação Álcali-Agregado

Cada lâmina petrográfica representativa das amostras foram descritas de acordo com:

- Composição mineralógica: em termos de estimativa de volume (dada em porcentagem) a mineralogia principal e subordinada. Classificar também sobre a presença de componentes considerados deletérios: opala, calcedônia, vidro vulcânico ou detriticado, clorofeita, zeólita, quartzo deformado, quartzo microgranular e suas respectivas estimativas para cada fase identificada;
- Classificação em termos de textura: granulação grossa, média ou fina;
- Classificação da amostra sobre a sanidade: se é sã, ou alterada;
- Quando da identificação do quartzo deformado: ângulo de extinção ondulante;
- Quando da identificação de quartzo microgranular: explicitar sua estimativa volumétrica;
- Quando da identificação de feldspatos, classificar texturas potencialmente reativas;
- Para o caso de descrição de lâminas de rochas sedimentares, classificar a granulação da matriz/cimento;
- Estado de microfissuração;
- Tipo de rocha: sedimentar, ígnea ou metamórfica;

Por fim, de acordo com as características apresentadas, foi avaliada a potencialidade reativa das amostras.

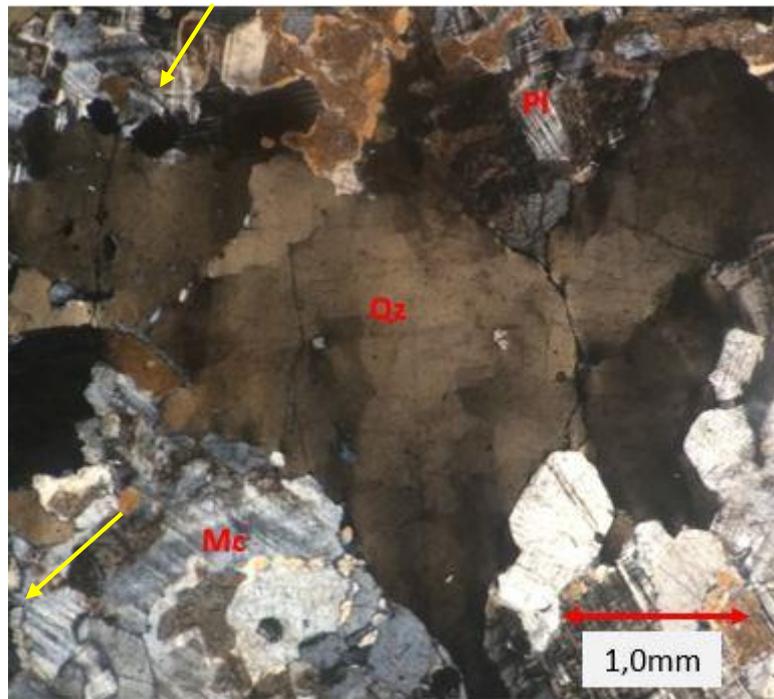
## 4-Resultados e discussões

### 4.1 Caracterização petrográfica

#### Amostra AMPA-01

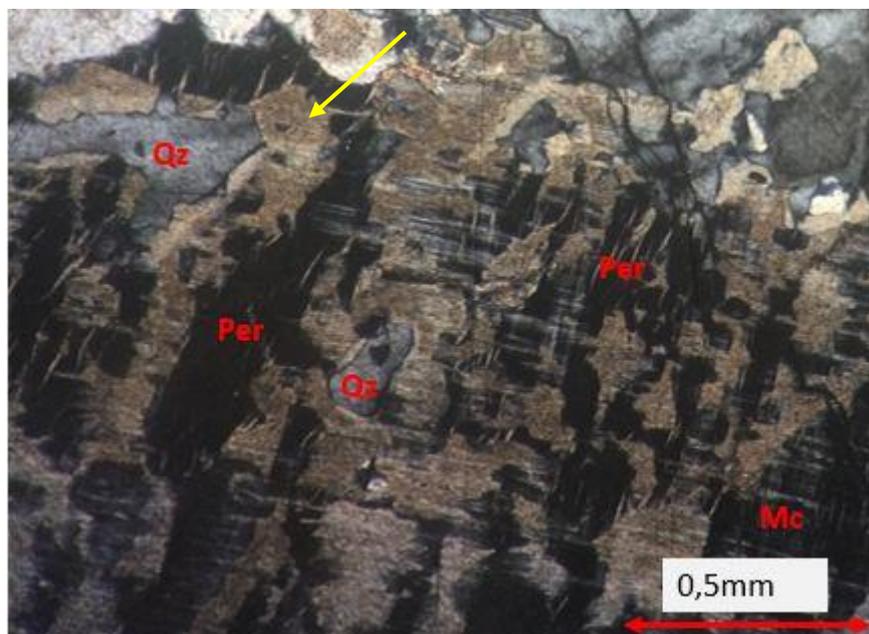
A lâmina representante dessa amostra possui natureza ígnea, de composição granítica, contendo aproximadamente 40% de perita, 22% de microclina, 11% de plagioclásio, 9% de quartzo, 4% de granada, 3% de mica branca, 1% de apatita e subordinadamente em volume na seção delgada, argilominerais, minerais opacos, turmalina e biotita. Pela textura ser grossa, trata-se de um pegmatito. Dentre o volume de quartzo, sua quase totalidade apresenta deformação (extinção ondulante) de  $19^\circ$ , em média. A seção delgada encontra-se sob estado considerável de alteração, sendo o plagioclásio a fase mineralógica que mais contribui com seu estado de alteração (figuras 16 e 17), subordinadamente a microclina. Sob aspectos texturais, a rocha apresenta-se sob granulação grossa, com exceção do quartzo que raramente apresenta-se sob forma de quartzo microgranular, apresentando-se a menos de 1% em volume. A microfissuração é caracterizada como forte, ocorrendo preenchimento de material micáceo no espaço ocupado pelas fissuras. Portanto, de acordo com a norma utilizada para classificação (ABNT NBR 1577:3), a amostra é classificada como potencialmente reativa à reação álcali-agregado.

Figura 7: Quartzo (Qz) apresentando extinção ondulante. As setas em amarelo indicam estado de alteração do plagioclásio (Pl) e Microclina (Mc). Aumento de 10x. Nicóis Cruzados.



Fonte: a autora.

Figura 8: Pertita (Per) e Quartzo (Qz). Observar também o estado de alteração recorrente na seção delgada, em que a seta em amarelo exemplifica pontos em alteração. Aumento de 10x. Nicóis cruzados.



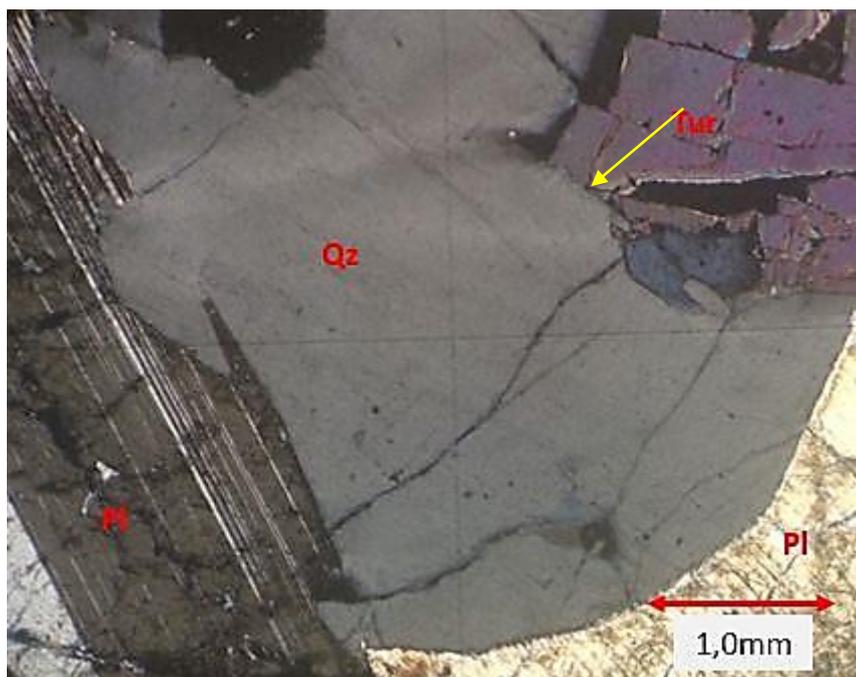
Fonte: a autora.

### Amostra AMPA-02

A seção delgada possui natureza ígnea, composição granítica, com 53% de plagioclásio, 12% de turmalina, 12% de quartzo, 10% de vazios e 8% de

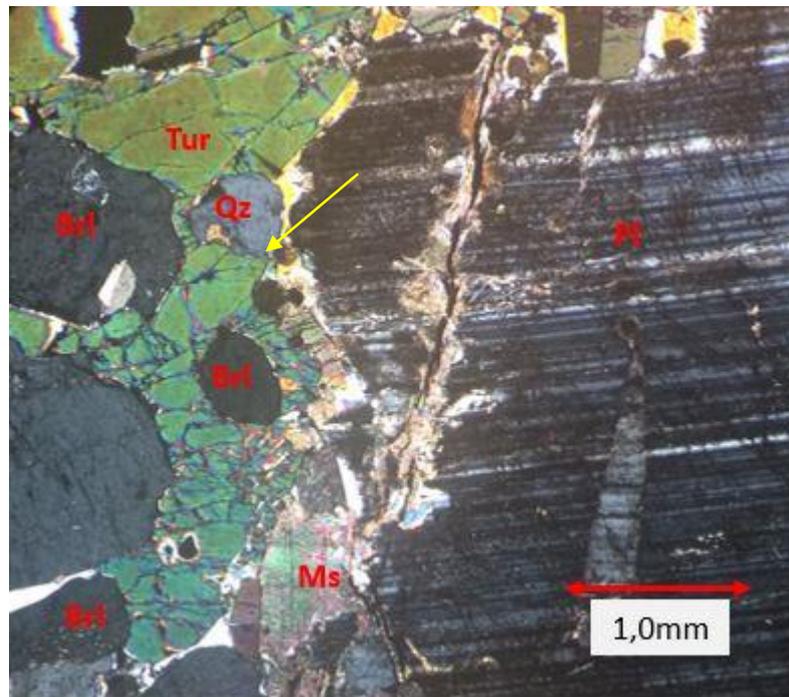
berilo. Subordinadamente, em volume na seção delgada: granada, biotita, apatita, opaco e mica branca. Dentre o volume de quartzo, toda essa fase mineralógica apresenta extinção ondulante, indicativo de deformação (figura 18). O ângulo de extinção medido é de  $11^\circ$ , em média. A rocha apresenta microfissuração forte e grande volume de vazios, corroborando com o aspecto de rocha pouco coerente da amostra macroscópica (figura 19 e figura 20). A granulação média para essa rocha é classificada como grossa (3cm a 5mm). Pela textura ser grossa, trata-se de um pegmatito. Sobre o estado de alteração, é classificada como rocha alterada. Dentre as fases deletérias, foi identificado quartzo deformado, representando uma porcentagem de mais de 5%, em volume. Devido à essa porcentagem em volume, a amostra foi classificada como potencialmente reativo, segundo sua reatividade potencial àlcali-agregado.

**Figura 9: Quartzo (Qz) com extinção ondulante, apresentando fissuração, plagioclásio (Pl) e turmalina (Tur). A seta em amarelo aponta um dos frequentes vazios encontrados na seção delgada. Nicóis cruzados. Aumento de 4x.**



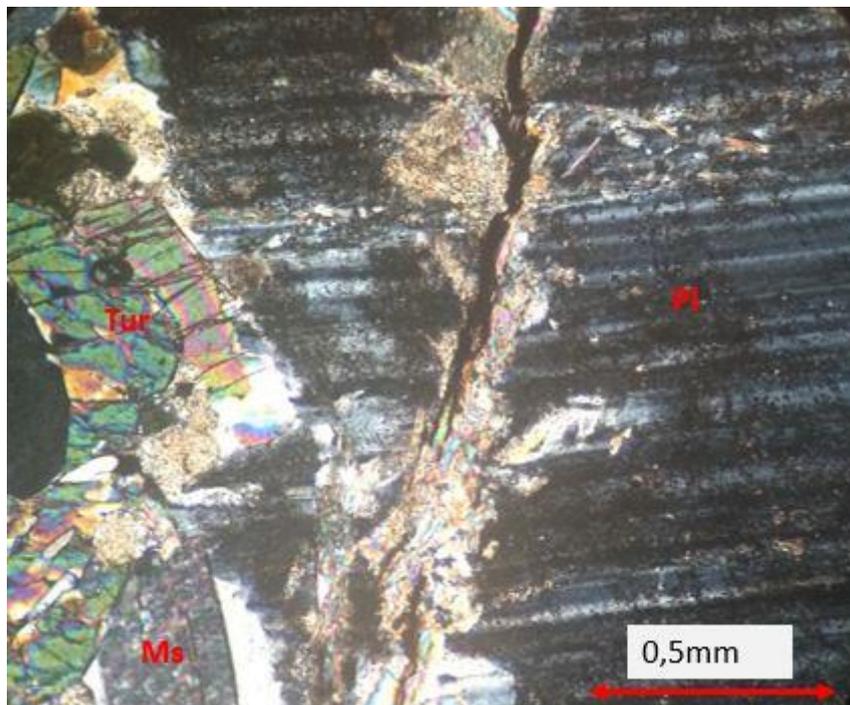
Fonte: a autora.

Figura 10: Na fotomicrografia, tem-se os minerais plagioclásio (Pl), quartzo (Qz), berilo (Brl) e muscovita (Ms). Ao centro da fotomicrografia, tem-se um grão de plagioclásio fortemente fissurado, com preenchimento de mica branca, indicado pela seta em amarelo. Nicóis cruzados. Aumento de 4x.



Fonte: a autora.

Figura 11: Detalhe da fissura com preenchimento do grão de plagioclásio (Pl) por mica branca. Ao lado, como apresentado na figura x estão a turmalina (Tur) e muscovita (Ms). Nicóis cruzados. Aumento de 10x.

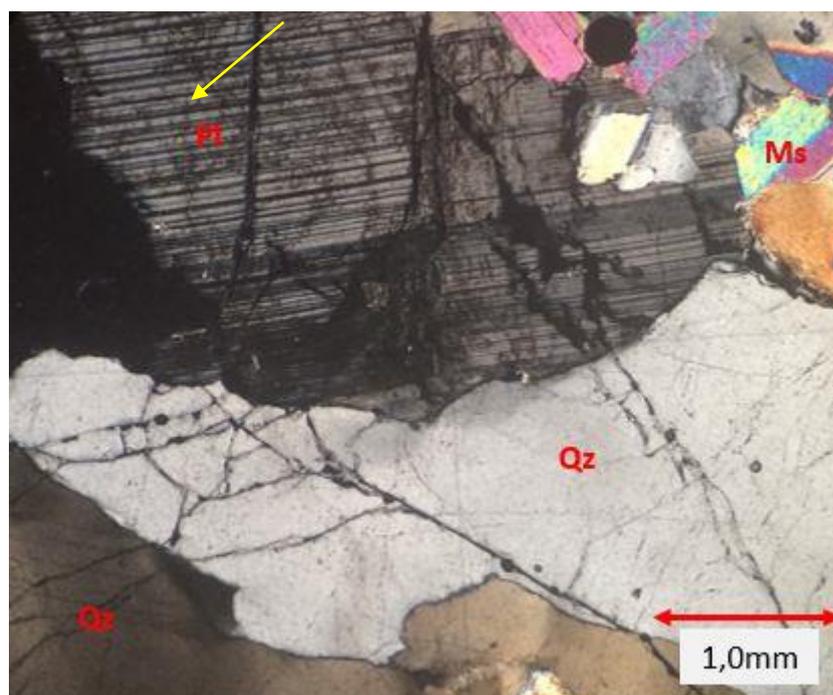


Fonte: a autora.

### Amostra AMPA-03

A seção delgada possui natureza ígnea, composição granítica, com 70% de quartzo, 17% de plagioclásio, 6% de muscovita, 4% de turmalina e 3% de K-feldspato em volume. Subordinadamente, granada, mica branca e opaco. Dentre o volume de quartzo, toda essa fase mineralógica apresenta extinção ondulante, indicativo de deformação (figura 21). O ângulo de extinção medido é de  $12^\circ$ , em média. Sua granulação é grossa (3 cm a 5mm), portanto a rocha é denominada pegmatito, e apresenta-se como rocha alterada a nível tanto macroscópico (em amostra de mão) quanto a nível microscópico (na seção delgada). Apresenta forte microfissuração. Como a porcentagem em volume de quartzo deformado é acima de 5% (70% nessa amostra), a amostra foi classificada como potencialmente reativa, segundo sua reatividade potencial álcali-agregado.

**Figura 12: Quartzo (Qz) com forte fissuração e extinção ondulante. O mesmo para o plagioclásio (Pl), que além da fissuração, observa-se estado de alteração (exemplificado pela seta em amarelo), frequente em toda a seção delgada. Também está presente nessa fotomicrografia a muscovita (Ms). Nicóis Cruzados. Aumento de 4x.**



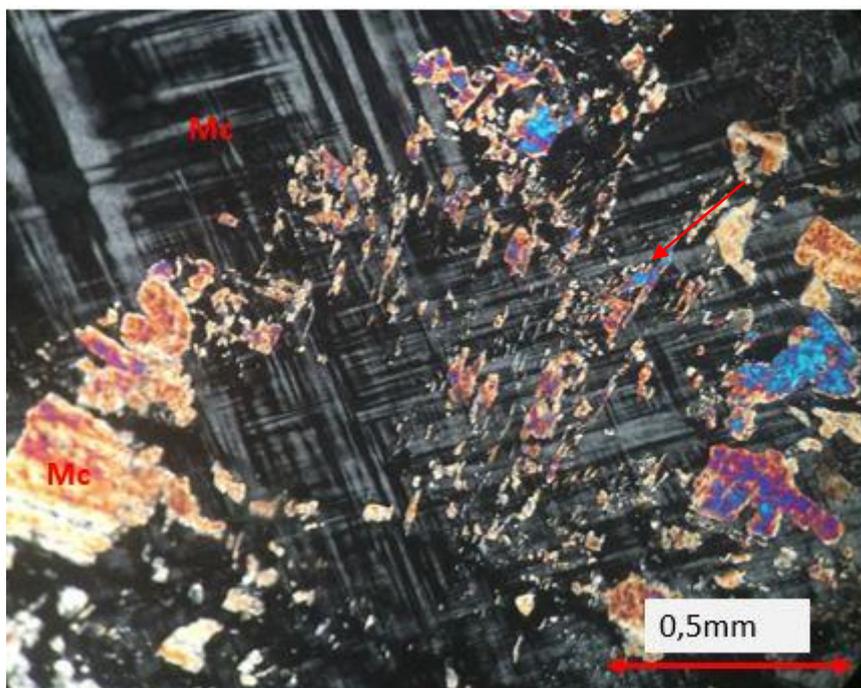
Fonte: a autora.

### Amostra AMPA-04

A seção delgada possui natureza ígnea, composição granítica, com 82% de microclina, 9% de pertita, 5% de plagioclásio, 3% de quartzo e 1% de vazios. Pela textura ser grossa (3 a 5cm), trata-se de um pegmatito. Subordinadamente, as fases minerais presentes são: argilominerais, opacos e biotita. Dentre as

fases deletérias, foi identificado quartzo microgranular, porém menos de 1% em volume na seção delgada. A nível macroscópico (amostra de mão) é classificada como rocha coerente. De acordo com o estado de alteração, foi classificada como alterada (figura 22). Segundo sua reatividade potencial álcali-agregado, a amostra é classificada como potencialmente inócua.

**Figura 22:Microclina (Mc) sob estado de alteração, indicado pelas lamelas exemplificadas pela seta em vermelho. Nicóis cruzados. Aumento de 10x.**

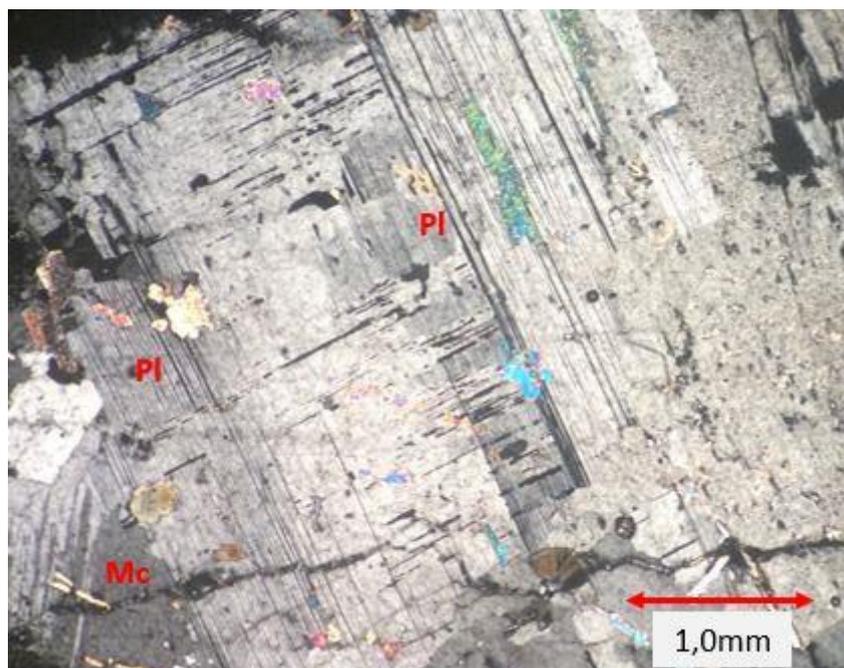


Fonte: a autora.

### **Amostra AMPA-05**

A lâmina representante dessa amostra possui natureza ígnea, de composição granítica, contendo aproximadamente 47% de plagioclásio (figura 23), 28% de pertita, 13% de muscovita, 4% de quartzo, 4% de mica branca, 3% de argilominerais e 1% de turmalina. Pela textura ser grossa, trata-se de um pegmatito. Subordinadamente, as fases minerais presentes são: apatita, granada e opaco. Macroscopicamente a rocha foi classificada como pouco coerente. Sua granulação é grossa (3cm a 5mm) e segundo seu estado de microsfuração é classificada como fortemente fissurada. Dentre o volume de quartzo identificado, menos de 1% apresenta-se deformado (ângulo de extinção, 14°). Portanto, de acordo com a norma, essa fase deletéria representando menos de 5% em volume na seção delgada, apresenta-se como potencialmente inócua para reação álcali-agregado.

Figura 13: Grãos de plagioclásio (Pl), fase mineral predominante na seção delgada. Nicóis cruzados. Aumento de 4x.

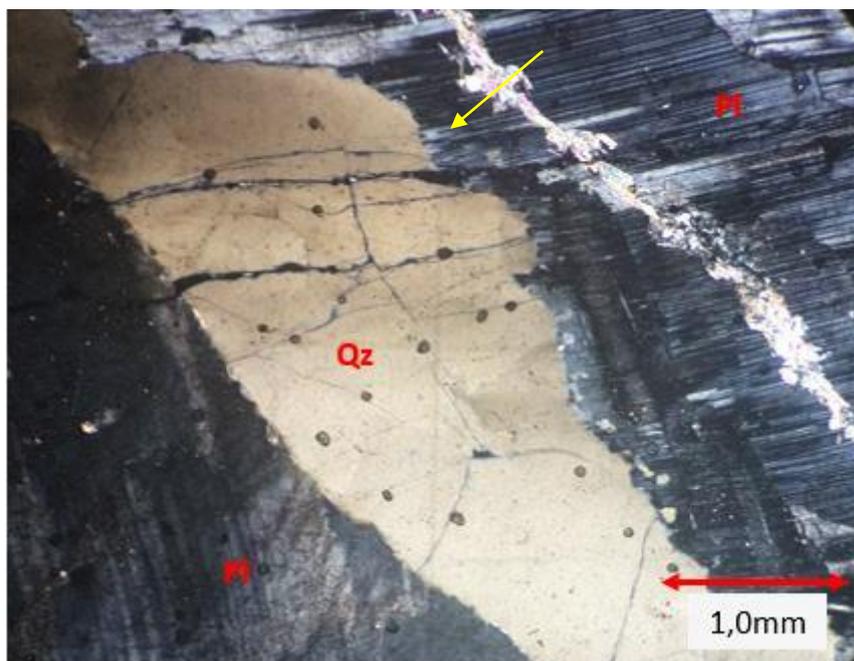


Fonte: a autora.

#### Amostra AMPA-06

A lâmina representante dessa amostra possui natureza ígnea, de composição granítica, contendo aproximadamente 83% de plagioclásio, 10% de quartzo, 5% de mica branca e 2% de argilomineral. Subordinadamente, as fases minerais presentes a menos de 1% em volume na seção delgada são: pertita, turmalina, apatita, granada e opaco. Macroscopicamente, a rocha é classificada como coerente e sua granulação é grossa (3cm a 5mm). Pela textura ser grossa, trata-se de um pegmatito. Segundo seu estado de alteração, a rocha apresenta-se alterada. Dentre o volume de quartzo identificado na seção delgada, 8% apresenta deformação, sob extinção ondulante (figura 24) (ângulo médio de 19°). Portanto, de acordo com a norma, essa fase deletéria representando mais de 5% em volume na seção delgada, apresenta-se como potencialmente reativa para reação álcali-agregado.

Figura 14: Quartzo (Qz) apresentando extinção ondulante e forte microfissuração. A seta em amarelo indica preenchimento de fissura do plagioclásio (Pl) por mica branca. Nicóis cruzados. Aumento de 4x.

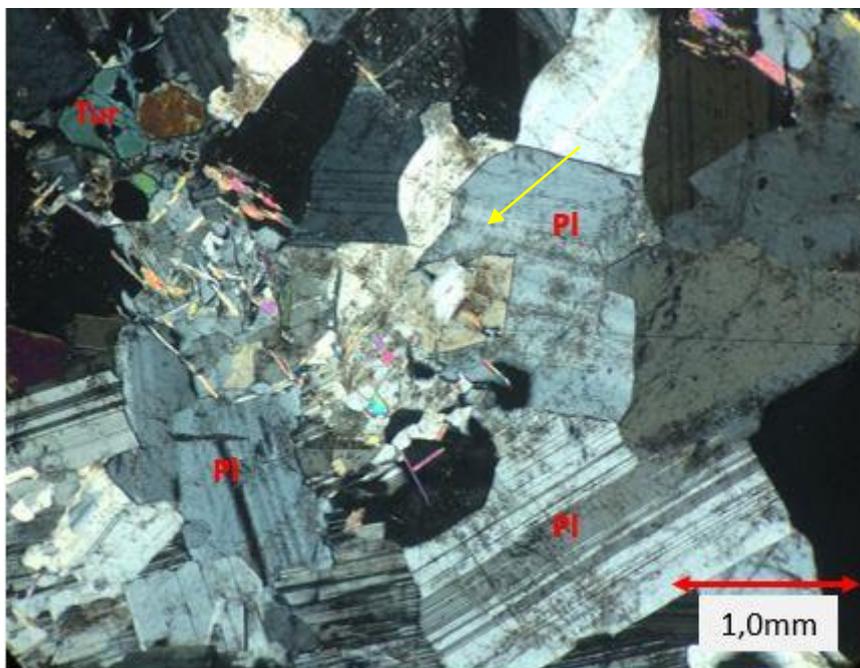


Fonte: a autora

#### Amostra AMPA-07

A lâmina representante dessa amostra possui natureza ígnea, de composição granítica, contendo aproximadamente 41% de plagioclásio, 25% de turmalina, 15% de quartzo, 5% de berilo, 5% de vazios, 3% de muscovita, 3% de mica branca, 1% de granada e 2% de apatita. Subordinadamente, Pertita, opaco e zircão apresentam-se sob menos de 1% em volume. Macroscopicamente, a amostra é classificada como coerente e sua granulação é grossa (3cm a 5mm). Pela textura ser grossa, trata-se de um pegmatito. Segundo seu estado de alteração, a rocha é classificada como alterada (figura 25) e apresenta forte microfissuração. Dentre o volume de quartzo identificado na seção delgada, 16% em volume apresenta deformação, com ângulo de extinção ondulante médio de 11°. Portanto, de acordo com a norma, essa fase deletéria representando mais de 5% em volume na seção delgada, apresenta-se como potencialmente reativa para reação álcali-agregado.

**Figura 25: Plagioclásio (PI) apresentando-se sob estado de alteração. A seta em amarelo exemplifica ponto de alteração, representado pelos argilominerais resultantes da alteração dessa fase mineral. As áreas escuras no grão de turmalina (Tur) correspondem à parte da porcentagem de vazios encontrados na seção delgada. Nicóis cruzados. Aumento de 4x.**

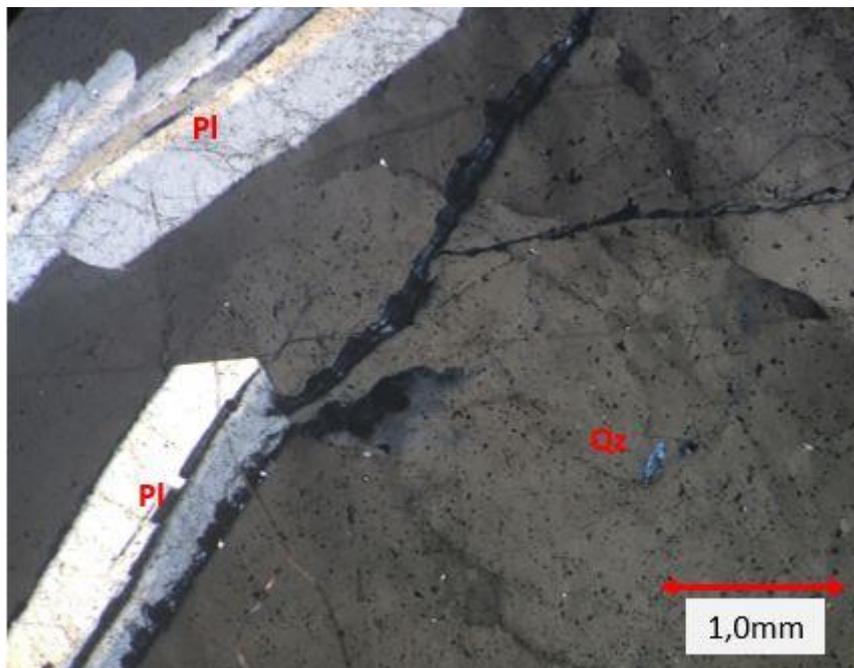


Fonte: a autora

### **Amostra AMPA-08**

A lâmina representante dessa amostra possui natureza ígnea, de composição granítica, contendo aproximadamente 70% de plagioclásio, 20% de quartzo, 6% de vazios, 3% de mica branca e 1% de opacos. Subordinadamente, as fases minerais são: pertita, microclina, e biotita. Macroscopicamente, a amostra foi classificada como rocha pouco coerente e sua granulação é grossa (3cm a 5mm). Pela textura ser grossa, trata-se de um pegmatito. Segundo seu estado de alteração, foi classificada como alterada. Dentre o volume de quartzo identificado, 19% está deformado, com valor médio de extinção ondulante de 12°. A amostra apresenta forte microfissuração (figura 26). Portanto, a amostra por possuir mais que 5% de quartzo deformado, é classificada como potencialmente reativa à reação álcali-agregado.

Figura 15:Quartzo (Qz) com extinção ondulante e forte fissuração. O plagioclásio (Pl) encontra-se sob cristais bem desenvolvidos (euédricos). Nicos cruzados. Aumento de 4x.

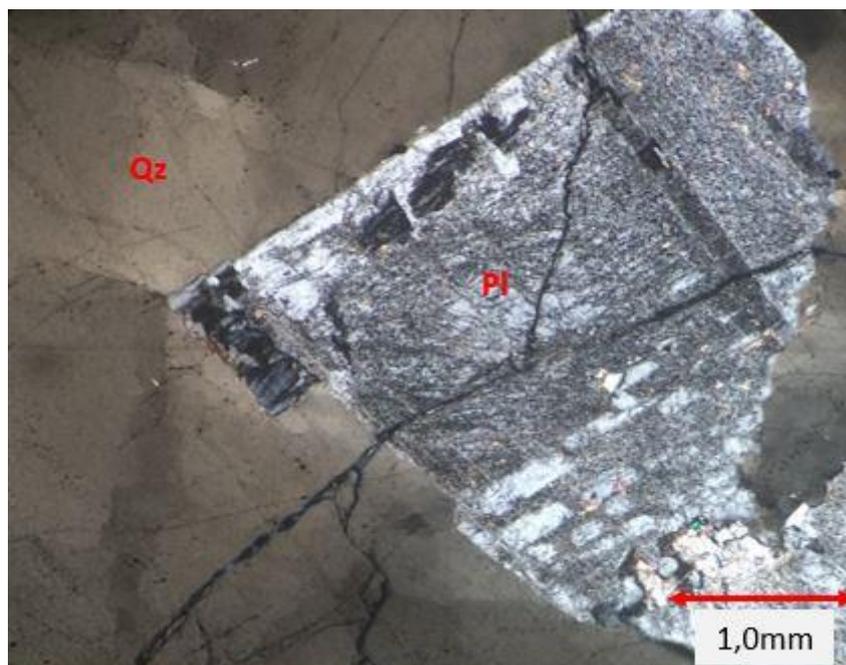


Fonte: a autora.

#### Amostra AMPA-09

A lâmina representante dessa amostra possui natureza ígnea, de composição granítica, contendo aproximadamente 77% de plagioclásio, 18% de quartzo, 3% de microclina e 2% de mica branca. Subordinadamente, as fases minerais identificadas foram: pertita, granada e argilominerais. Macroscopicamente, a rocha foi classificada como pouco coerente e sua granulação é grossa (3cm a 5mm). Pela textura ser grossa, trata-se de um pegmatito. Apresenta forte microfissuração. Dentre o volume de quartzo identificado todo o volume apresenta deformação, com valor médio de extinção ondulante de 10°. A amostra apresenta forte microfissuração (figura 27). Portanto, devido ao volume percentual ser superior a 5% de quartzo deformado, a amostra é potencialmente reativa à reação álcali-agregado.

**Figura 16: Quartzo com extinção ondulante (Qz) e plagioclásio (Pl) apresentando forte microfissuração. Nicóis cruzados. Aumento de 4x.**

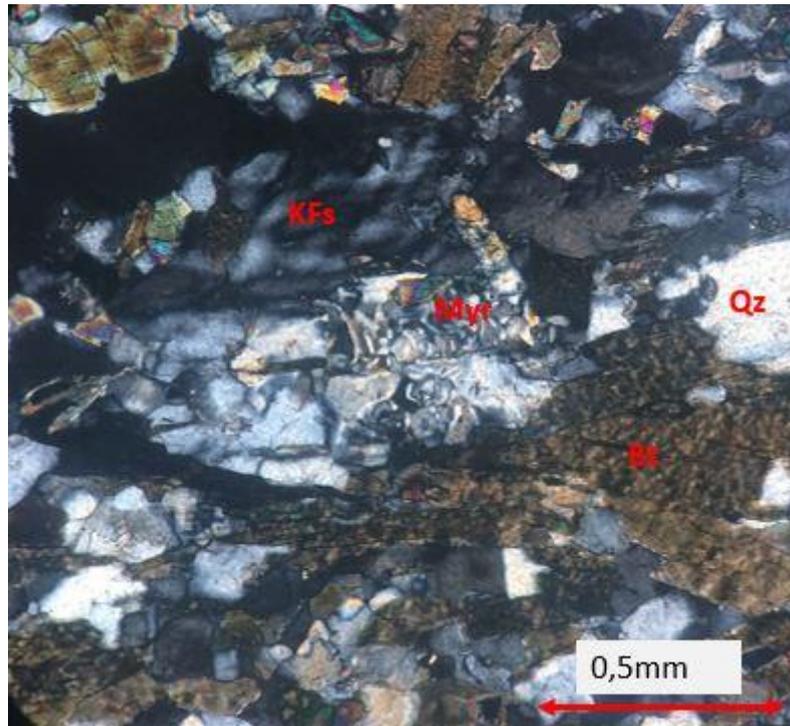


Fonte: a autora.

#### **Amostra AMCA-01**

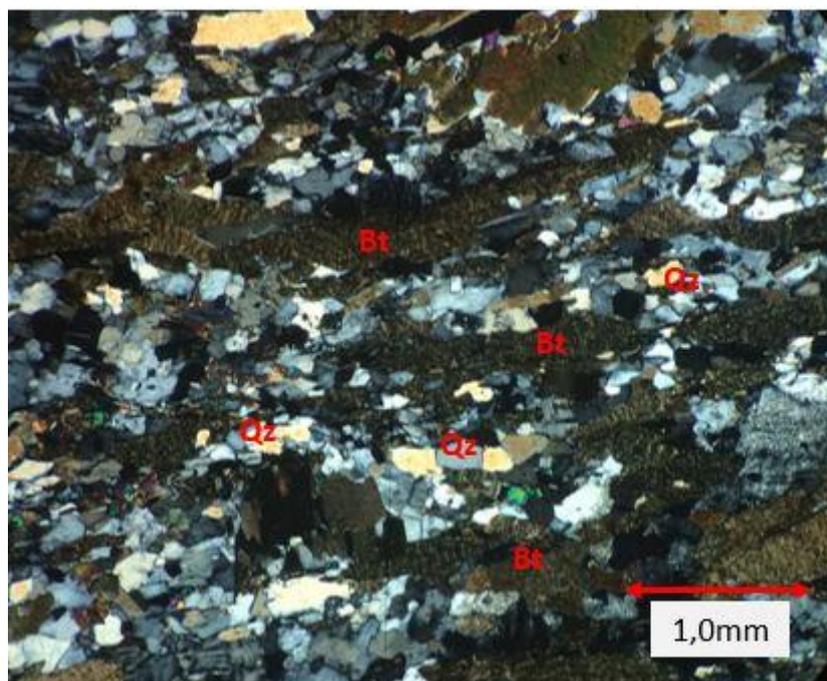
A lâmina representante dessa amostra é metamórfica, uma vez que apresenta desenvolvimento de orientação de minerais, denominada foliação. Essa amostra contém 22% de microclina, 20% de biotita, 19% de hornblenda, 11% de quartzo, 1% de zircão, 10% de vazios, 8% de epidoto, 3% de pertita, 1% de plagioclásio, 1% de titanita e 3% de mirmequita. Subordinadamente, as fases minerais presentes são apatita, allanita e opacos. De acordo com o teor de feldspatos e micas presentes nessa amostra, a rocha é denominada gnaiss. Macroscopicamente, a rocha apresenta-se como coerente e sua granulação é média (5mm a 1mm). De acordo com o estado de alteração, a amostra apresenta-se como pouco alterada e apresenta fraca microfissuração. Dentre o volume de quartzo identificado na seção delgada 5% apresenta-se deformado, sendo seu ângulo de extinção médio de 17°. A amostra possui 3% de mirmequita (textura de exsolução reativa à reação álcali-agregado, figura 29). Portanto, a amostra é classificada como potencialmente reativa, pois de acordo com a norma utilizada o volume dessa textura reativa soma-se ao volume de quartzo microgranular. Portanto, tem-se mais de 5% em volume dessa fase reativa, enquadrando a amostra como potencialmente reativa à RAA.

Figura 17: Ao centro da fotomicrografia, tem-se textura de exsolução reativa à reação álcali-agregado mirmequita (Myr). Bordejando essa mirmequita, tem-se cristais de K-feldspato (KFs), biotita (Bt) e quartzo (Qz). Nicóis cruzados. Aumento de 10x.



Fonte: a autora.

Figura 18: Biotitas (Bt) orientadas, dentre os espaços entre elas, quartzo (Qz) recristalizado. Nicóis cruzados. Aumento de 4x.

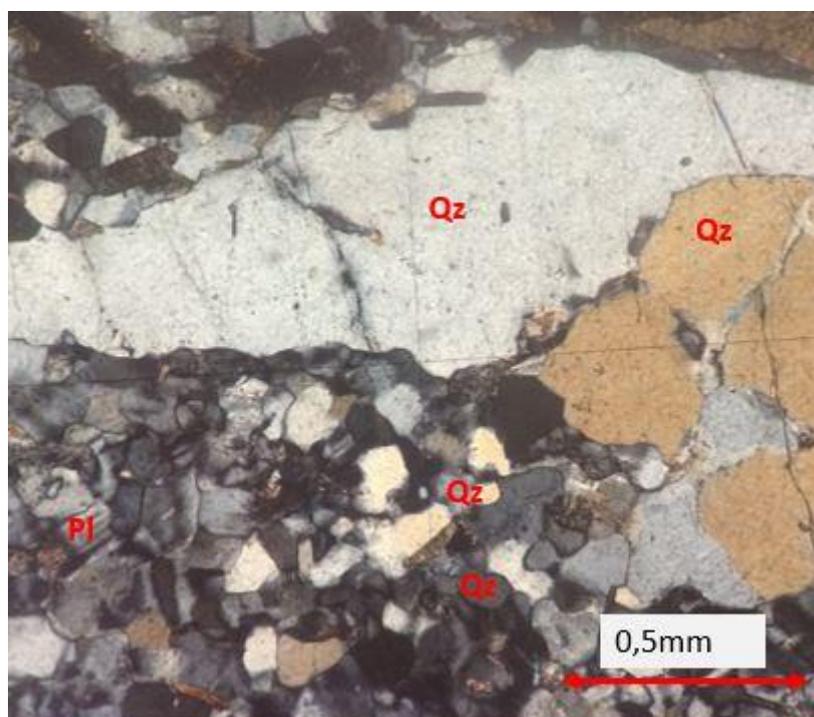


Fonte: a autora.

### Amostra AMCA-02

A lâmina representante dessa amostra é metamórfica, uma vez que apresenta desenvolvimento de orientação de minerais, denominada foliação. Essa amostra contém 37% de microclina, 36% de quartzo, 16% de biotita, 5% de plagioclásio, 3% de titanita, 1% de muscovita, 1% de apatita e 1% de hornblenda. Subordinadamente, as fases minerais presentes são: opaco, argilominerais, epidoto e zircão. De acordo com o teor de feldspatos e micas presentes nessa amostra, a rocha é denominada gnaiss. Macroscopicamente, a amostra apresenta-se como rocha muito coerente e sua granulação é média (5mm a 1mm). Seu estado de alteração é rocha pouco alterada e fraca microfissuração. Dentre o volume de quartzo identificado na seção delgada, tem-se 5% de quartzo microgranular (figura 30). Dentre o quartzo deformado, 15% do total de volume de quartzo apresenta-se deformado (figura 30), com ângulo de extinção ondulante de 19°. Portanto, a rocha é classificada como potencialmente reativa à reação álcali-agregado.

**Figura 19: Quartzo (Qz) deformado e microcristalino, na fotomicrografia apresenta-se também o plagioclásio (Pl), fase mineral bem menos abundante que o quartzo. Nicóis cruzados. Aumento de 10x.**

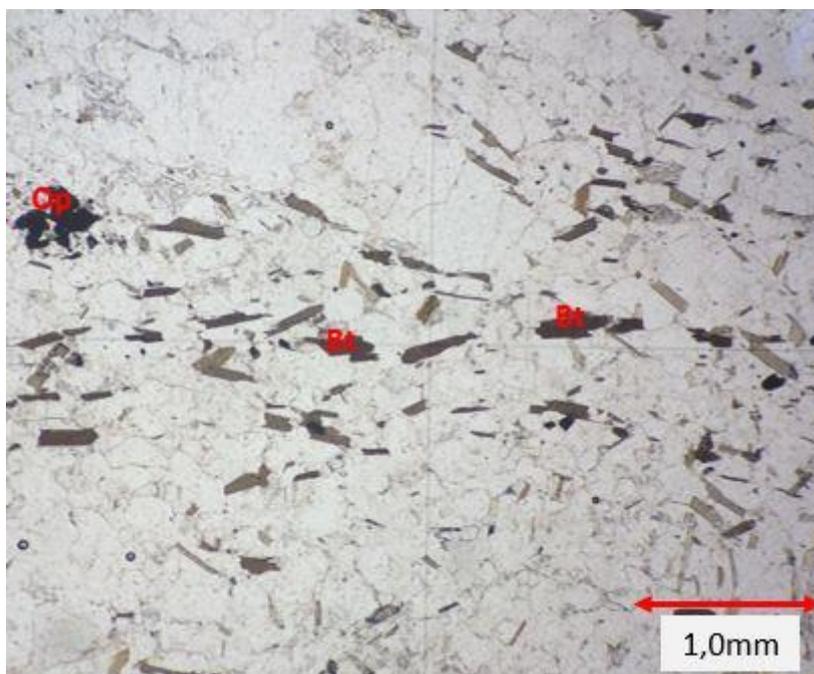


Fonte: a autora.

### Amostra AMCA-03

A lâmina representante dessa amostra é metamórfica, uma vez que apresenta desenvolvimento de orientação de minerais, denominada foliação (figura 31). A seção delgada contém 35% de K-feldspato, 32% de quartzo, 10% de plagioclásio, 8% de mica branca, 6% de biotita, 3% de epidoto, 3% de clorita, 1% de titanita, 1% de opacos e 1% de apatita. Subordinadamente, a fase mineral presente é zircão. De acordo com o teor de feldspatos e micas presentes nessa amostra, a rocha é denominada gnaiss. Macroscopicamente, a rocha apresenta-se muito coerente, sua granulação é média (5mm a 1mm) e apresenta fraca microfissuração. Dentre o volume de quartzo identificado, (28%), com ângulo de extinção médio de 21°. Dentre o quartzo microgranular presente, 4% foi identificado em volume na seção delgada. Portanto, a rocha é classificada segundo sua reatividade à reação álcali-agregado como potencialmente reativa.

**Figura 20: Biotitas (Bt) apresentando orientação preferencial, formando uma foliação. À esquerda da fotomicrografia, mineral opaco (Op) também ocorre. Nícleos paralelos. Aumento de 4x.**



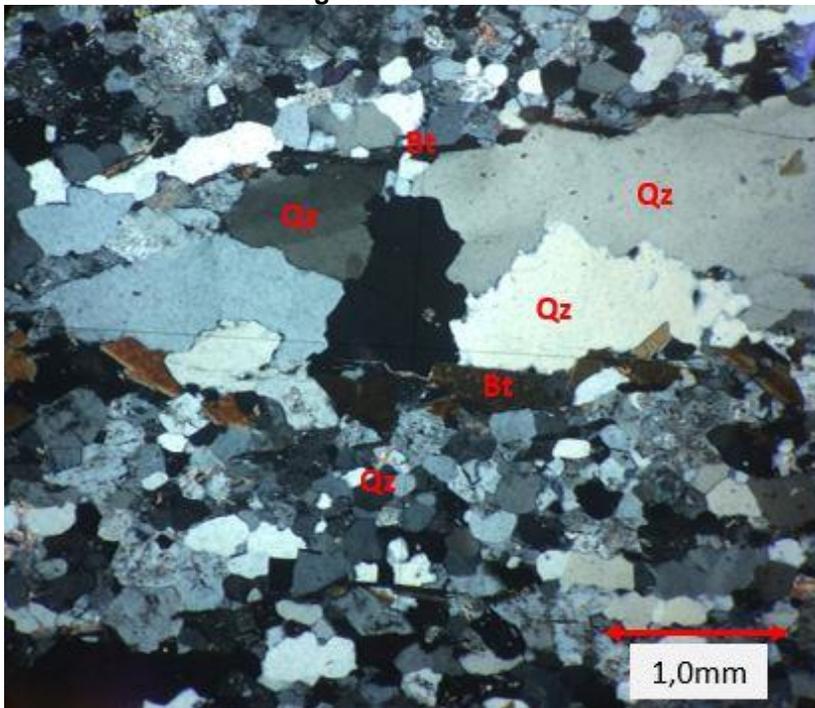
Fonte: a autora

### Amostra AMCA-04

A lâmina representante dessa amostra é metamórfica, uma vez que apresenta desenvolvimento de orientação de minerais, denominada foliação. A seção delgada contém 42% de K-feldspato, 29% de quartzo, 10% de

plagioclásio, 8% de biotita, 4% de hornblenda, 5% de mica branca, 1% de opaco e 1% de epidoto. De acordo com o teor de feldspatos e micas presentes nessa amostra, a rocha é denominada gnaiss. Subordinadamente, as fases minerais presentes são: clorita, zircão e apatita. Macroscopicamente, a amostra é muito coerente e apresenta-se como rocha alterada. Sua granulação é média (5mm a 1mm) e apresenta moderada microfissuração. Dentre o volume de quartzo identificado na seção delgada, 7% apresenta-se como microcristalino e 21% deformado, com ângulo de extinção ondulante (figura 32) médio de 22°. Portanto, a amostra é classificada como potencialmente reativa à reação álcali-agregado.

**Figura 21: Biotita (Bt) e Quartzo (Qz) este último sob as variações de quartzo deformado e na forma microgranular. Nicóis cruzados. Aumento de 4x.**



Fonte: a autora

#### 4.1.1 Quadro-resumo da reatividade à reação álcali-agregado

A tabela 12, abaixo, resume os diagnósticos em relação ao potencial reativo à reação álcali-agregado:

**Tabela 12: Diagnóstico do potencial à reatividade de cada amostra analisada.**

<b>Amostra</b>	<b>Reatividade à RAA</b>
<b>AMPA-01</b>	Reativo
<b>AMPA-02</b>	Reativo
<b>AMPA-03</b>	Reativo
<b>AMPA-04</b>	Inócuo
<b>AMPA-05</b>	Inócuo
<b>AMPA-06</b>	Reativo
<b>AMPA-07</b>	Reativo
<b>AMPA-08</b>	Reativo
<b>AMPA-09</b>	Reativo
<b>AMCA-01</b>	Reativo
<b>AMCA-02</b>	Reativo
<b>AMCA-03</b>	Reativo
<b>AMCA-04</b>	Reativo

**Fonte: a autora.**

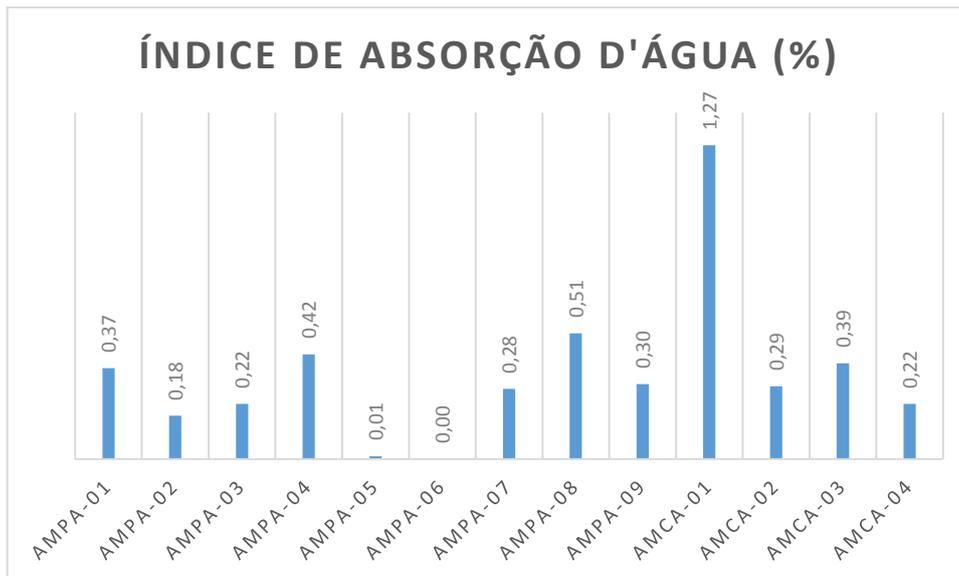
Analisando os dados segundo à reatividade álcali-agregado, todas as amostras que apresentaram-se potencialmente reativas contém teor de quartzo deformado, pelo menos, acima de 5%. O que as caracterizam como reativas, segundo a norma consultada para classificá-las. Todas as amostras de gnaiss analisadas, além de apresentar quartzo deformado, apresentaram quartzo microgranular, que somados ao volume das outras fases deletérias, aumentam o potencial à reatividade. Porém, é importante ressaltar que as amostras que contém apenas o quartzo deformado (com extinção ondulante) como fase deletéria são passíveis de serem reconsideradas, considerando pesquisas anteriores. Wigun (1995) concluiu usando testes com barras de argamassa que as fases mais reativas foram o quartzo microcristalino e o quartzo com desenvolvimento de subgrão. Andrade *et al* (2006) analisou as fases reativas: quartzo com extinção ondulante moderada a forte, quartzo microcristalino e feldspatos alcalino através de ensaios de expansão. Esse autor concluiu

inocuidade para as amostras que apresentaram apenas extinção ondulante. Já Prado (2008) concluiu experimentalmente que as amostras contendo apenas quartzo com extinção ondulante são muito menos susceptíveis a desenvolver a patologia da reação álcali-agregado, diferente do quartzo microcristalino. Esse mesmo autor atribuiu esse fato devido à fase com extinção ondulante possuir menos defeitos cristalográficos que o quartzo microcristalino, caracterizando-o como menos reativo. Reforçando esse fato, Grattan-Bellew (1992) argumenta que a extinção ondulante no quartzo é a manifestação preliminar de um processo de deformação, evolui para o grau de quartzo microcristalino e, portanto maior grau de reatividade. Sendo assim, é importante considerar as amostras de pegmatito que apresentaram potencial reativo segundo a norma utilizada por dois principais motivos: um é o quartzo com extinção ondulante apresentar forte potencial à inocuidade com testes de expansão e outro fato importante é que essas amostras são de rochas ígneas e portanto não foram submetidas a considerável tectonismo durante sua gênese. Desse modo, é importante ressaltar a grande possibilidade de essas amostras serem utilizadas ainda como agregado para concreto, considerando ensaios complementares a serem realizados, embora a amostra AMCA-01 apresentar textura de exsolução reativa (mirmequita). Apesar de algumas amostras apresentarem pertita (AMPA-01,AMPA-05,AMPA-06,AMPA-07,AMPA-08 e AMPA-09), a mesma não é classificada como do tipo “em chama”, sendo portanto uma espécie de pertita a qual não contribui para reatividade à reação álcali-agregado.

#### **4.2 Caracterização física**

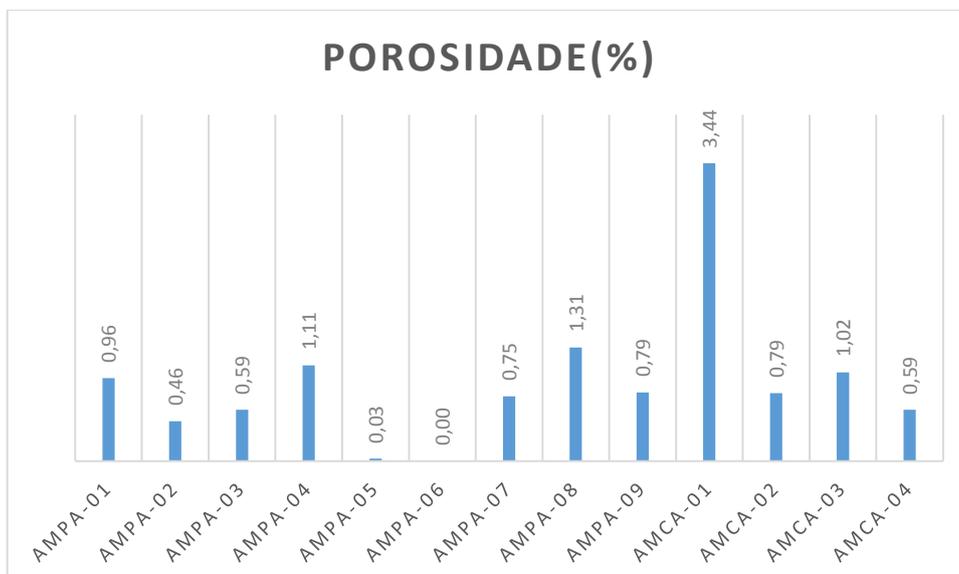
As figuras 33, 34 e 35 ilustram os valores obtidos nos ensaios físicos de absorção, porosidade e massa específica (densidade):

**Figura 22:Valores de absorção para as respectivas amostras analisadas.**

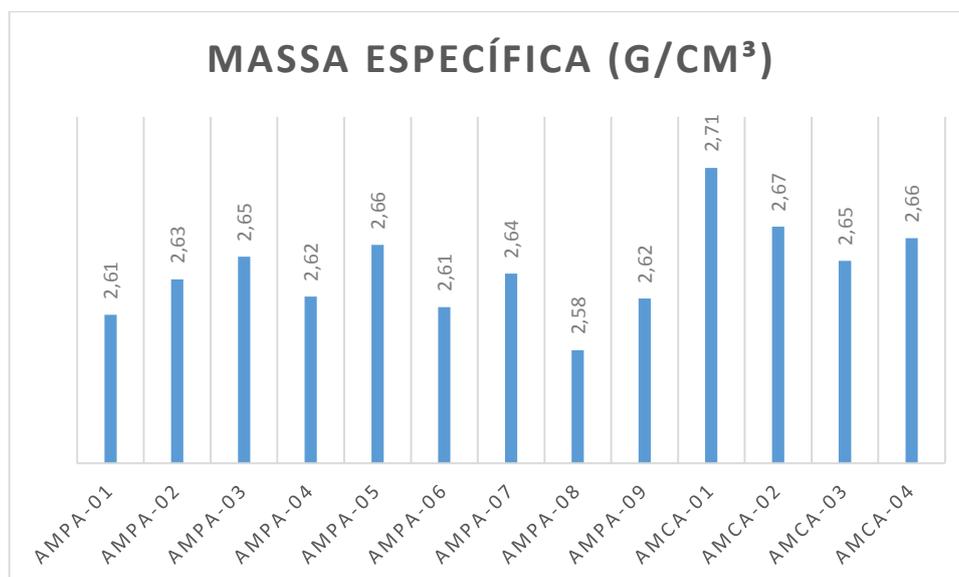


Fonte: a autora.

Figura 23: Valores de porosidade e respectivas amostras.



Fonte: a autora.

Figura 24: Valores de massa específica (g/cm<sup>3</sup>)

Fonte: a autora.

A tabela 13, abaixo, resume os índices físicos obtidos, suas respectivas amostras e médias:

Tabela 13: Resultados ensaios de absorção, porosidade e massa específica.

Amostra	Índice de absorção (%)	Porosidade(%)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
AMPA-01	0,37	0,96	2,61
AMPA-02	0,18	0,46	2,63
AMPA-03	0,22	0,59	2,66
AMPA-04	0,42	1,11	2,62
AMPA-05	0,01	0,03	2,66
AMPA-06	0,00	0,00	2,61
AMPA-07	0,28	0,75	2,64
AMPA-08	0,51	1,31	2,58
AMPA-09	0,30	0,79	2,62
<b>Média</b>	<b>0,25</b>	<b>0,67</b>	<b>2,63</b>
AMCA-01	1,27	3,44	2,71
AMCA-02	0,29	0,79	2,67
AMCA-03	0,39	1,02	2,65
AMCA-04	0,22	0,59	2,66
<b>Média</b>	<b>0,54</b>	<b>1,46</b>	<b>2,67</b>

Fonte: a autora.

Os resultados dos ensaios para obter os índices físicos (absorção, porosidade e densidade) estão de acordo com os valores das tabelas 4, 5, 6, 7 e 8, no capítulo 2. Na tabela 7 o valor médio para absorção para pegmatito é de

0,96%, enquanto que as amostras de pegmatito tiveram seus valores de absorção variando de 0 a 0,51%. Já em relação aos gnaisses, o valor médio na literatura é de 0,85%, enquanto que os valores obtidos variaram de 0,22 a 1,27%.

Considerando o índice físico porosidade, na tabela 8 do capítulo 2, o valor médio de porosidade para pegmatitos é 0,51%, sendo os valores obtidos variam de 0 a 1,31. Já em relação aos gnaisses, o valor médio é de 0,54%, sendo os valores das amostras de gnaissse variando de 0,59% a 3,44%. O valor 3,44% (valor máximo) é atribuído à amostra AMCA-01 e diverge da média apresentada na literatura.

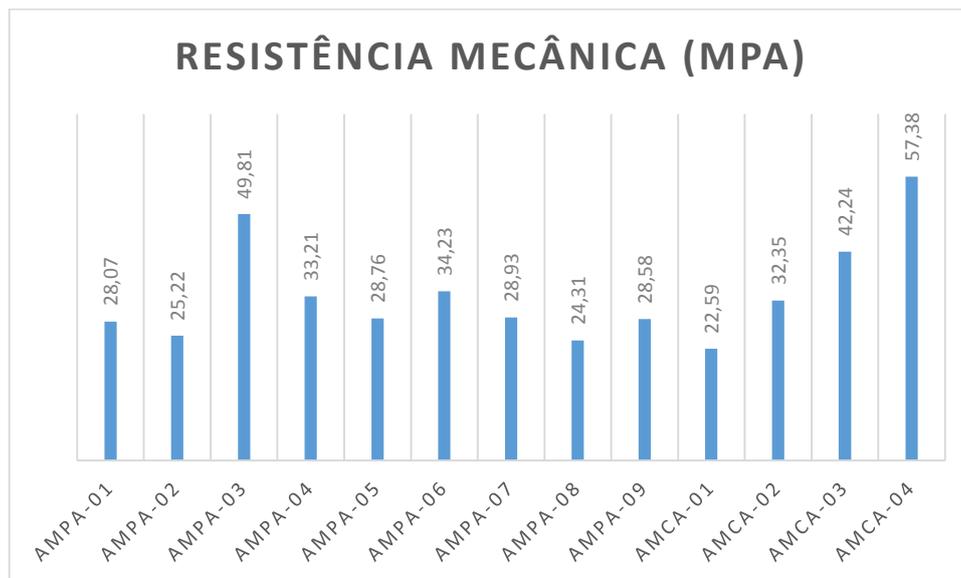
Considerando o índice físico densidade, na tabela 6 do capítulo 2, o valor de densidade dos pegmatitos médio é de 2,701 g/cm<sup>3</sup>, enquanto que os valores obtidos para as amostras de pegmatitos estudados variaram de 2,58g/cm<sup>3</sup> a 2,66g/cm<sup>3</sup>. Já os gnaisses, o valor médio na literatura consultada é 2,636 g/cm<sup>3</sup>, enquanto que os valores obtidos variaram de 2,65g/cm<sup>3</sup> a 2,71g/cm<sup>3</sup>.

Os resultados dos ensaios de absorção e porosidade permitem concluir que uma vez utilizados como agregados, por ter assumido valores muito baixos, são capazes de absorver pouquíssima água, uma vez que para desencadear RAA, a reação ganha maior velocidade quanto maior for a água disponível no meio. Comparando todas as amostras, a que teve o pior resultado com relação ao valor de absorção e porosidade foi o gnaissse correspondente à amostra AMCA-01. Além disso, essa amostra possui o maior valor de massa específica. Isso se deve, possivelmente, ao fato de ser a amostra que possui maior teor de minerais ricos em magnésio e ferro, contribuindo para um peso específico maior. Além disso, a biotita e a hornblenda devido à forma com que se dispõem na rocha (lamelar e tabular, respectivamente), tendem a formar foliações, que são planos de fraqueza que as rochas metamórficas possuem (no caso desse trabalho, os gnaisses), que, através desses planos de fraqueza, a água penetra de forma mais fácil. A consequência desse fato é possui valor de absorção mais altos.

### 4.3 Caracterização mecânica

Na figura 36 abaixo estão ilustrados os valores de resistência à compressão uniaxial, obtidos no ensaio com o esclerômetro de Schmidt:

**Figura 25: Valores de resistência mecânica às respectivas amostras.**



Fonte: a autora.

Na tabela 14, abaixo, os mesmos valores estão associados às amostras analisadas no ensaio. Logo abaixo, temos a média aritmética das medidas:

**Tabela 14: Resistência mecânica finais.**

<b>Amostra</b>	<b>Resistência Compressão Uniaxial (MPa)</b>
<b>AMPA-01</b>	28,07
<b>AMPA-02</b>	25,22
<b>AMPA-03</b>	49,81
<b>AMPA-04</b>	33,21
<b>AMPA-05</b>	28,76
<b>AMPA-06</b>	34,23
<b>AMPA-07</b>	28,93
<b>AMPA-08</b>	24,31
<b>AMPA-09</b>	28,58
<b>Média</b>	<b>31,24</b>
<b>AMCA-01</b>	22,59
<b>AMCA-02</b>	32,35
<b>AMCA-03</b>	42,24
<b>AMCA-04</b>	57,38
<b>Média</b>	<b>38,64</b>

Fonte: a autora.

Comparando com os valores da literatura, tabela 4 e 5 no item 2.6.1, As amostras AMPA-01 a AMPA-09 são pegmatitos e possuem valores abaixo de 82,5 MPa. Porém as amostras são de rochas submetidas à ação de intempéries, um dos fatores responsáveis por diminuir a resistência mecânica, não as caracterizando como rochas frescas, diferente do pegmatito da tabela 5, sendo coerente o resultado obtido pelo método utilizado para obter os valores de resistência mecânica. Considerando as amostras AMCA-01 a AMCA-04, tem-se amostras de gnaisses. Comparando com os valores da literatura, tem-se que os valores estão muito abaixo de 81Mpa. Mas também tratam-se de amostras submetidas à ação de intempéries. Seus valores variaram de 22,59 Mpa ( amostra AMCA-01,mínimo) a 57,38Mpa ( amostra AMCA-04, máximo). Globalmente, a amostra que possui melhor resistência mecânica é o gnaisse

correspondente à amostra AMCA-04. Em seguida, o pegmatito correspondente à amostra AMPA-03 possui o segundo maior valor de resistência mecânica.

### **Análise global**

Das 13 amostras, não foi possível eleger uma amostra que apresentou potencial à inocuidade, bons índices físicos e resistência mecânica acima da média, simultaneamente. Porém, algumas amostras merecem destaque: o pegmatito AMPA-03, apesar de ter apresentado potencial reativo à reação álcali-agregado, apresentou bons resultados dentre os índices físicos e valor de resistência mecânica acima da média. E a amostra que revelou-se com piores índices físicos, potencial à inocuidade e baixa resistência mecânica foi a amostra AMCA-01. Porém, como discutido anteriormente, é importante destacar que as amostras correspondentes aos pegmatitos que assumiram resultados petrográficos como “potencialmente reativos” necessitam de estudos mais aprofundados antes de serem descartados ou não para utilização como agregados para concreto. Mesmo as amostras de gnaisses que possuem mais fases deletéreas que os pegmatitos, também é importante ressaltar análises complementares para caracterizá-los com maior segurança no emprego desse tipo de material como agregado graúdo. A amostra AMCA-04, mesmo com teor de fases deletéreas acima do estabelecido pela norma utilizada para avaliação à reatividade, assumiu o maior valor de resistência mecânica e bons valores de absorção e porosidade.

## **5-Conclusões**

O presente trabalho buscou contribuir caracterizando duas espécies de resíduos de lavra de duas regiões distintas: pegmatitos e gnaisses segundo sua potencialidade à reação álcali agregado, índices físicos (absorção, porosidade e massa específica) e resistência mecânica segundo o teste com o esclerômetro de Schmidt.

Das 13 amostras analisadas, algumas amostras merecem destaque: o pegmatito AMPA-03, apesar do potencial reativo à reação álcali-agregado, na análise petrográfica, apresentou bons índices físicos e valor de resistência mecânica acima da média. E a amostra que assumiu os piores índices físicos, bem como potencial à inocuidade e resistência mecânica das mais baixas foi a

amostra AMCA-01, devido ao teor anômalo de minerais (biotita) que conferem planos de fraqueza (foliação) na qual a água percola com grande facilidade. Porém, é importante ressaltar a importância de reavaliar as amostras de pegmatito (AMPA-01, AMPA-02, AMPA-04, AMPA-05, AMPA-06, AMPA-07, AMPA-08 e AMPA-09) segundo outros métodos, como os métodos utilizados por estudos anteriores que avaliaram as fases deletéreas e seus respectivos resultados em testes de expansão. Amostras como AMCA-04 assumiu o maior valor de resistência mecânica e bons resultados segundo a porosidade e absorção. Portanto, mesmo tendo sido classificado como potencialmente reativo à reação álcali-agregado, também é importante destacar novos estudos com outros métodos, com vistas a ter uma visão mais global das amostras e, conseqüentemente, avaliar sua aptidão como agregado para concreto. Por fim, um método sugerido para estudos posteriores é utilizar esses resíduos para testes de expansão, descrito também na norma ABNT NBR 15577.

## Referências

ABNT **NBR 2010. NBR 15845** Rochas para Revestimento: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro. 32 p.

ABNT **NBR NM:53**. Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água.

ABNT **NBR 7418:1987**. Lastro-padrão - Determinação da massa específica aparente, da absorção de água e da porosidade aparente do material.

ABNT **NBR NM 26:2000** agregados-amostragem. Rio de Janeiro,2001.

ABNT. **NBR 15577-3**: agregados: reatividade álcali-agregado: parte 3: análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto. Rio de Janeiro, 2008.

ABRAÃO, P. C. **Sobre a deposição de rejeitos de mineração no Brasil. Simpósio sobre barragens de Rejeitos e disposição de resíduos industriais e de mineração**, REGEO 87, Rio de Janeiro-RJ, p. 1-9, 1897. In: NEVES, G.Z.F. TSHIBANGU, G.M. SCHALCH, V. OLIVEIRA, L.A.R. Resíduos de Mineração: Cenários e desafios no contexto brasileiro. Simpósio do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental X Simpósio do Curso de Especialização em Educação Ambiental e Recursos Hídricos 04 a 07 de Outubro de 2016. EESC. São Carlos-SP. Brasil.

ADOM-ASAMOA, M. AFRIFA,R.O. **Investigation on the flexural behaviour of reinforced concrete beams using phyllite aggregates from mining waste**. Materials and Design 32 (2011) 5132–5140.

AGYEMAN,S; AMPADU,S.I. **Exploring the techno-economic feasibility of mine rock waste utilisation in road works:The case of a mining deposit in Ghana**. Waste management & Research. 2016. Vol 34. 156-164.

AHMAD,M;SINGH,R;ANSARI,M.K;SHARMA,L.K. **Mineralogical Control on the Water Absorption of Few Igneous and Metamorphic Rocks**. Conference paper: Indorock 2016. INDIAN INSITUTE OF TECHNOLOGY BOMBAY AND INDIAN SOCIETY OF ROCK MECHANICS AND TUNNELING TECHNOLOGY

AHMED, A.A.M. KAREEM, K.H.A. ALTOHAMY,A.M. RIZK, S.A.M. **An Experimental Study On The Availability Of Solid Waste Of Mines And Quarries As Coarse Aggregate In Concrete Mixes**. Journal of Engineering Sciences Assiut University Faculty of Engineering Vol. 42. No. 3. May 2014. Pages: 876–890

ALECRIM,A.V. **Estudo do resíduo de quartzito foliado para emprego em estruturas de pavimentos**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo,2009.

ALMEIDA FFM de, HASUI Y, BRITO NEVES BB & FUCK RA. 1977. **Províncias Estruturais Brasileiras**. In: **Simpósio de Geologia do Nordeste**, 8: 1977, Campina Grande. Atas... Campina Grande: SBG, 1977. p. 363-391.

ANDRADE, T. **Histórico de casos de RAA ocorridos recentemente em fundações de edifícios na região metropolitana de Recife**. In: Simpósio sobre reação Álcali-Agregado em estruturas de concreto, 2. 2006. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: IBRACON, p.1-16. 2006.

ANGELIM, L. A. Aquino. **Geologia e recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte** - Escala 1:500.000. / Luiz Alberto de Aquino Angelim ... [etal.]. - Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2007.

ÁVILA, C.R. **Determinação das propriedades mecânicas de maciços rochosos e/ou descontinuidades utilizando classificações geomecânicas- uma comparação entre os diversos métodos de classificação**. Dissertação de mestrado. Programa de pós graduação em geotecnia da UFOP. Ouro Preto. 2012.

AYDIN, A. & BASU, A. 2005. **The Schmidt hammer in rock material characterization**. Engineering Geology, 41, 211–14. In: OLIVEIRA, C.D.C. Avaliação da resistência à compressão simples de material-rocha da Curviã: estudo preliminar. Dissertação de mestrado. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Departamento de Engenharia Geotécnica. 2016.

BEDIN, J. **Estudo do comportamento geomecânico de resíduos de mineração**. Programa de pós graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tese de doutorado. Porto Alegre, 2010.

BENVINDO DA LUZ, A.; FREITAS LINS, F. A.; PIQUET, B.; COSTA, M. J. & COELHO, J. M. **Pegmatitos do nordeste: diagnóstico sobre o aproveitamento racional e integrado**. Série Rochas e Minerais Industriais. CETEM, R.J. 96 p. 2003. In: MOURA, J.C. Assinatura Geoquímica De Columbita-Tantalita e Levantamento Radiométrico de Pegmatitos Radioativos da Região De Parelhas, Rio Grande do Norte, Brasil. Tese de doutorado. Programa de Pós Graduação em Geologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013.

BICZOK, I. **Corrosion y protection del hormigon**. Bilbao/España: Ediciones Urmo, 1972. P.275-280. Trad. De Emilio J. d'Ocon Asensi. In: HASPARYK, N. P. Investigação de concretos afetados pela reação álcaliagregado e caracterização avançada do gel exsudado. 2005. 326 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

BOSCOV, M.E.G. **Geotecnia Ambiental**. Oficina de textos. 2008. 248 páginas.

BRITO NEVES BB de, SANTOS EJ & VAN SCHMUS WR. 2000. **Tectonic history of the Borborema Province northeastern Brazil**. In: CORDANI UG, MILANI EJ, THOMAZ FILHO A & CAMPOS DA (Eds.). Tectonic Evolution of South America. International Geological Congress, 31:151-182.

BRUNO, G.B. **Contribuição na caracterização de agregados comercializados no Rio Grande do Norte com ênfase na Reação Álcali-Agregado**. Dissertação de Mestrado. Programa de pós graduação em engenharia civil. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2014.

BEURLIN, H., THOMAS, R., DA SILVA, M.R.R., MULLER, A., RHEDE, D., SOARES, D.R. 2014. **Perspectives for Li- and Ta-Mineralizations in the Borborema Pegmatite Province, NE Brazil: A review**. Journal of South American Earth Sciences, Vol 56: 110-127. In: SANTOS, E.J., SOUZA NETO, J.A., SILVA, M.R.R., BEURLIN, H., CAVALCANTI, J.A.D., SILVA, M.G., Síntese Das Principais Ocorrências Minerais De Pegmatitos No Seridó (Pb-Rn). Iv Simpósio De Minerais Industriais Do Nordeste. 10 a 13 abril de 2016, João Pessoa – PB.

**BULLETIN 79-ALKALI-AGGREGATE REACTION IN CONCRETE DAMS-REVIEW AND RECOMMENDATIONS**. Paris:CIGB/ICOLD,1991. In: HASPARYK, N. P. Investigação de concretos afetados pela reação álcaliagregado e caracterização avançada do gel exsudado. 2005. 326 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

COSTA, A.F., SANTOS, L.C.M.L., SANTOS, R.B. 2014. **Metalogênese das porções norte e central da Província Borborema**. In: Silva, M.G, Neto, M.B.R., Jost, H., Kuyumijan, R.M. (Eds) Metalogênese das Províncias Tectônicas Brasileiras. CPRM p. 343-388.

DANTAS, A.A.N. **Caracterização de resíduos oriundos do beneficiamento do minério de ferro para uso em pavimentação**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Dissertação de mestrado. 2015.

DANTAS, E.L; HACKSPACHER, P.C; MAGINI, C;LEGRAND,J.M. **Sistema Sm-Nd em Rocha-Total Aberto Versus Fechado:Comportamento Isotópico em Zonas de Alta Deformação**. Geol. USP Sér. Cient., São Paulo, v. 2, p. 109-129, dezembro 2002.

DNPM, **Anuário Mineral Brasileiro**, Brasília-DF, 2010, disponível em: <[http://www.dnrm.gov.br/relatorios/amb/Completo\\_2010.pdf](http://www.dnrm.gov.br/relatorios/amb/Completo_2010.pdf)>, acesso em: 01 de novembro de 2017.

DATTATRAYA,K.S. VYAS, A.K. **Performance Evaluation of Concrete using Marble Mining Waste**. JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING Vol. 11, Issue 2, 2016.

DIAMOND, S. **A review of alkali-silica and expansion mechanisms-1: alkalis in cements and in concrete pore solutions**. Cement and Concrete Research, v.5, p. 329-345, 1975. In: HASPARYK, N. P. Investigação de concretos afetados pela reação álcaliagregado e caracterização avançada do gel exsudado. 2005.

326 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

DINIS, C.G. BERNARDO, P.M. **Escavabilidade de um trecho do Rio Douro**. 8º Congresso Nacional de Geotecnia: A geotecnia portuguesa e os desafios do futuro. Boletim nº1. Sociedade Portuguesa de Geotecnia. 2002.

DOLAR-MANTUANI, L. M. M. **Undulatory extinction in quartz used for identifying alkali aggregate reactivities rocks**. In: OBERHOLSTER, R. E. (Ed.). Proceedings of the 5. International Conference on Alkali Reaction in Concrete. Cape Town: [s.n.], 1981. p. 252. In: MIZUMOTO, C. Investigação da reação álcali-agregado (RAA) em testemunhos de concreto e agregados constituintes. 2009. 162 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/91463>>.

DUNCAN, M.A.G.; GILLOTT, J.E.; SWENSON, E.G. **Alkali-aggregate reaction in Nova Scotia II: Field and petrographic studies**. Cement and Concrete Research, v.3, n.2, p. 119-128, 1973.

DUTRA, M. **Reatividade Álcali-Agregado Em Agregados Reciclados: Utilização De Resíduo Da Mineração Como Agregado Miúdo**.

FIORI & CARMIGIANI. **Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas: aplicações na estabilidade de taludes**. 2001. Curitiba. Ed.UFPR.

FIORI, A.P. **Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas: Aplicações na estabilidade de taludes**. São Paulo. Oficina de textos, 2015.

FRANCO, L.C. SANTOS, D.H. ROSA, P.P.G. SILVA, G.J.B. PEIXOTO, R.F. **Aplicação de Rejeito de Mineração como Agregado Para a Produção De Concreto**. Anais Do 56º Congresso Brasileiro Do Concreto - CBC2014 – 56CBC. 2014.

FURNAS, Equipe de; Laboratório de concreto. **Concretos massa, estrutural, projetando e compactando com rolo- Ensaios e propriedades**. São Paulo: Walton Pacelli de Andrade/PINI, 1997, cap.17. In HASPARYK, N. P. Investigação de concretos afetados pela reação álcaliagregado e caracterização avançada do gel exsudado. 2005. 326 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

GAUTAM, P.K. KALLA, P. NAGAR, R. AGRAWAL, R. JETHOO, A.S. **Laboratory investigations on hot mix asphalt containing mining waste as aggregates**. Construction and Building Materials 168 (2018) 143–152. 2018.

GERAB, André Tabosa Fernandes de Santa Cruz. **Utilização do resíduo grosso do beneficiamento da scheelita em aplicações rodoviárias**. 2014.

123f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

GOMES, M.A;PEREIRA,C.A;PERES,A.E.C. **Caracterização tecnológica de rejeito de minério de ferro**. Revista Escola de Minas. Vol.64. nº2. 2011. p.233-236.

GONÇALVES, J.P. MOURA,W.A. **reciclagem do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais na construção civil**. III SRONE – 2002 – Recife-PE-Brasil.

GRATTAN-BELLEW P.C., 1993. **Concrete prism-CSA A23.2-14A and ASTM C227 mortar bar test. Chapter3**. In:Course manual petrography and alkali-aggregate reactivity. April 20-22,1993, Ottawa, Ontario. 125-160p. In: LAMAS, R.I.R. Caraterização petrográfica de agregados ígneos para betão. Dissertação de mestrado. Universidade do Porto. 2012

HASPARYK, N. P. **Investigação de concretos afetados pela reação álcaliagregado e caracterização avançada do gel exsudado**. 2005. 326 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

HASPARYK,N.P. **Investigação dos mecanismos da reação álcali-agregado-efeito da cinza de casca de arroz e da sílica ativa**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Goiás. Escola de Engenharia Civil, Goiânia, 1999. 257p. In: COUTO, T.A. Reação álcali-agregado: estudo do fenômeno em rochas silicosas. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Goiás. Escola de Engenharia Civil. 2008.

HOBBS, D.W. Alkali-silica reaction in concrete. London: Thomas Telford, 1988. 183p . In: HASPARYK, N. P. **Investigação de concretos afetados pela reação álcaliagregado e caracterização avançada do gel exsudado**. 2005. 326 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. **Gestão para a sustentabilidade na mineração: 20 anos de história**. Brasília:, 2013. Disponível em [www.portaldaminerao.com.br](http://www.portaldaminerao.com.br) (acesso em 31 de outubro de 2017).

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. **Informações Sobre a Economia Mineral Brasileira 2015**. Brasília, Outubro/2015.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. **Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração/Instituto Brasileiro de Mineração**; organizador, Instituto Brasileiro de Mineração. 1.ed. - Brasília: IBRAM, 2016. 128 p.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. **Relatório Anual de Atividades junho 2016 a junho 2017**. Disponível em: [www.portaldaminerao.com.br](http://www.portaldaminerao.com.br) (acesso em 31 de outubro,2017).

ISRM [International Society for Rock Mechanics] 2015. **The ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 2007-2014.** In: Ulusay, R. (ed.), suggested methods prepared by the Commission on Testing Methods, ISRM. Springer, Berlin, 293 p.

JARDIM DE SÁ EF. 1994. **A Faixa Seridó (Província Borborema NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileiro/Pan-Africana. Brasília.** Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. 803 p.

JUNIOR, I.F. **Estudo tecnológico em rejeitos de quartzitos do Sudoeste de Minas Gerais para utilização como agregado graúdo para concreto.** Dissertação de mestrado. Programa de pós graduação em engenharia civil. Universidade Federal de Uberlândia. 2009.

KIHARA, Y. **Reação álcali-agregado: aspectos mineralógicos.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE AGREGADOS, 1., 1986, São Paulo. Anais... São Paulo: USP/Escola Politécnica, 1986. p. 132. In :MIZUMOTO, C. Investigação da reação álcali-agregado (RAA) em testemunhos de concreto e agregados constituintes. 2009. 162 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/91463>>.

KIHARA, Y.; SCANDIUZZI, L. **Reação Álcali-agregado: mecanismo, diagnose e casos brasileiros.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIMENTO , 3., 1993, São Paulo. Anais...São Paulo:ABCP, v.1, p. 319-337, 1993. In: GOMES, A.P. Avaliação petrográfica e experimental de agregados graúdos afetados por deformação tectônica, desenvolvimento de minerais de alteração e texturas de exsolução. Dissertação de mestrado.Progama de Pós Graduação em Engenharia Mineral (PPGEMinas). Universidade Federal de Pernambuco. Recife,PE. 103p.

KORE,S.D. VYAS,A.K. **Impact of marble waste as coarse aggregate on properties of lean cement concrete. Case studies in construction materials.** Vol 4. 2016. 85-92.

KUMAR,S. GUPTA,R.C. SHRIVASTAVA, S. CSETENYI,L. THOMAS,B.S. **Preliminary study on the use of quartz sandstone as a partial replacement of coarse aggregate in concrete based on clay content, morphology and compressive strength of combined gradation.** Construction and Building Materials. 2016. 103-108. 107.

LIMA, C; MENEZES, J E. (2008) **Propriedades índices e Classificação Das Rochas:** Textos de apoio da matéria Geologia de Engenharia ministrada na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, Portugal. Disponível em: [http://paginas.fe.up.pt/~geng/ge/apontamentos/Cap\\_3\\_GE.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~geng/ge/apontamentos/Cap_3_GE.pdf).

LIMA,A.H. S., SILVA,P.E.D.,MUSSE,N.S. **A Situação Atual do Setor Mineral no Rio Grande do Norte e suas Perspectivas de Futuro.** Congresso Norte Riograndense de Pesquisa e Inovação. (CONNEPI). 2012. Palmas, Tocantins.

LAMAS, R.I.R. **Caraterização petrográfica de agregados ígneos para betão**. Dissertação de mestrado. Universidade do Porto. 2012.

MALHOTRA, V.M. N.J. CARINO. **Handbook of Nondestructive Testing of Concrete**. 2. ed. Boca Ranton, CRC Press, 2004.

MEHTA,P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto- estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: ed.Pini,1994. In: HASPARYK, N. P. Investigação de concretos afetados pela reação álcaliagregado e caracterização avançada do gel exsudado. 2005. 326 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO P.J.M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo, Ibracon, 2008.

MENDES, T.M; GUERRA,L.;MORALES,G. **Basalt waste added to Portland Cement**. Acta Scientiarum Technology. V.38. n°4. P.431-436.2016.

MIZUMOTO, C. **Investigação da reação álcali-agregado (RAA) em testemunhos de concreto e agregados constituintes**. 2009. 162 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/91463>>.

MOREIRA, C. MEDINA,A.P. LOURENÇO,L. **Estudo da substituição do agregado muído natural pelo resíduo da pedra de pirenópolis em concreto de cimento portland**. R. Eng. Constr. Civ., Curitiba - PR, v.1, n.2, p. 12-23, jul./dez., 2014.

MOURA,M.M. **Avaliação da potencialidade de rochas xistosas para aplicações como rochas ornamentais e de revestimento**. Tese de doutorado n°22. Programa de pós-graduação em geologia. Universidade Federal de Minas Gerais. 2012.

MOURA, J.C. **Assinatura Geoquímica De Columbita-Tantalita e Levantamento Radiométrico de Pegmatitos Radioativos da Região De Parelhas, Rio Grande do Norte, Brasil**. Tese de doutorado. Programa de Pós Graduação em Geologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013.

NETO,J.F.B. VIEIRA,F.F.MOURA,E.N. **Resistência à compressão uniaxial dos quartzitos coloridos de Várzea-PB**. IX SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE. 2016.

OLIVEIRA,C.D.C. **Avaliação da resistência à compressão simples de material-rocha da Curviã: estudo preliminar**. Dissertação de mestrado. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Departamento de Engenharia Geotécnica. 2016.

OLIVEIRA, M.A. **Finos de agregados reativos na minimização da Reação Álcali-Agregado**. Dissertação de mestrado. Programa de pós graduação em geotecnia. Universidade Federal de Ouro Preto. 2017.

PETRY, N.S. **Uso de resíduos de ágata como agregado em argamassas de cimento Portland branco**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós Graduação em engenharia civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2015.

PRADO, A.G. **Avaliação petrográfica e experimental de agregados graúdos afetados por deformação tectônica, desenvolvimento de minerais de alteração e texturas de exsolução**. Dissertação de mestrado. Programa de pós graduação em engenharia mineral. 2008.

POOLE, A. B. **Introduction to alkali aggregate reaction in concrete**. In: SWAMY, R. N. (Ed.). *The alkali-silica reaction in concrete*. Glasgow: Blackie and Son, 1992. p. 1-29. In: MIZUMOTO, C. *Investigação da reação álcali-agregado (RAA) em testemunhos de concreto e agregados constituintes*. 2009. 162 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/91463>>.

QUEIROZ, R.C. **Geologia e geotecnia básica para engenharia civil**. Editora Edgard Blücher. 2016. São Paulo.

RAMIRIO, R.F; PAMPLONA, D.R.P; JUNIOR, I.F; COLLARES, E.G. **Estudo comparativo de rejeitos de quartzito com outros agregados comercialmente utilizados como materiais de construção no Sudoeste de Minas Gerais**. *Ciência et praxis*. Vol 1. N°01. 2008.

SANTOS, E.J., SOUZA NETO, J.A., SILVA, M.R.R., BEURLIN, H., CAVALCANTI, J.A.D., SILVA, M.G., **Síntese Das Principais Ocorrências Minerais De Pegmatitos No Seridó (Pb-Rn)**. Iv Simpósio De Minerais Industriais Do Nordeste. 10 a 13 abril de 2016, João Pessoa – PB.

SANTOS, R.A. LIRA, B.B. RIBEIRO, A.C.M. **Argamassa Com Substituição De Agregado Natural Por Resíduo De Britagem De Granito**. *HOLOS*, Ano 28, Vol 5. 2012.

SANTOS, E.J., SOUZA NETO, J.A., SILVA, M.R.R., BEURLIN, H., CAVALCANTI, J.A.D., SILVA, M.G., COSTA, A.F., SANTOS, L.C.M.L., SANTOS, R.B. 2014. **Metalogênese das porções norte e central da Província Borborema**. In: Silva, M.G, Neto, M.B.R., Jost, H., Kuyumijan, R.M. (Eds) *Metalogênese das Províncias Tectônicas Brasileiras*. CPRM p. 343-388.

SANTOS, C.R. TUBINO, R.M.C. SCHNEIDER, I.A.H. **Processamento mineral e caracterização de rejeito de carvão mineral para produção de blocos de concreto para pavimentação**. *Revista IBRACON de estruturas e materiais*. Volume 8. n°1. 2015.

SALGUERO, F.;GRANDE,J.A.;VALENTE,T.;GARRIDO,R.; TORRE,M.L. de la.;FORTES, J.C.; SANCHÉS, A. **Recycling of manganese gangue materials from waste-dumps.in the Iberian Pyrite Belt – Application as filler for concrete production.** Construction and Building Materials. 2014

SCHÖN, J. H. Physical Properties of Rocks: **Fundamentals and Principles of Petrophysics.** Elsevier. 2015. 2<sup>a</sup> ed.

SCORZA EP 1944. **Província Pegmatítica da Borborema (Nordeste do Brasil).** MA, DNPM, DGM. RJ. 58 p. (Boletim 112).

SINGH, R. P; UPADHYAY, V. K.; DAS,A. **Weathering potential index for rocks based on density and porosity measurements.** Proc. Indian Acad. Sci. (Earth Planet. Sci.), Vol. 96, No. 3, December 1987, pp. 239-247.

SJÖBERG,1999. In: HOLMBERG,R. **Explosives & Blasting Technique. Proceedings of the 1st World Conference on Explosives & Blasting Technique** Munich/Germany/6-8 september. 2000.

SILVEIRA, R.N.P.O. **Análise das propriedades físicas e mecânicas de dois resíduos finos de pedra para utilização em pavimentos rodoviários.** Dissertação de mestrado em geotecnia. Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. 2010.

SOARES, D.R. **Contribuição à petrologia de pegmatitos mineralizados em elementos raros e elbaítas gemológicas da Província Pegmatítica da Borborema, Nordeste do Brasil.** Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Geociências. Universidade Federal de Pernambuco. 2004.

ŠŤASTNÁ,A. ŠACHLOVÁ,S. PERTOLD,Z. PŘIKRYL,R. **Factors affecting alkali-reactivity of quartz-rich metamorphic rocks:Qualitative vs. quantitative microscopy** Engineering Geology 187 (2015) 1–9

SWAMY, R.N., 2003, **“The alkali-silica reaction in concrete”**, Department of mechanical and process engineering, University of Sheffield. In: LAMAS, R.I.R. **Caraterização petrográfica de agregados ígneos para betão.** Dissertação de mestrado. Universidade do Porto. 2012.

TORRES, H. H. F.; BARBOSA, A. G. ; SOUZA, E. M. ; SANTOS, J. S. (1973) **Projeto tungstênio molibdênio.** DNPM/CPRM. 221p. (Relatório Final). In: DANTAS, E.L; HACKSPACHER, P.C; MAGINI, C;LEGRAND,J.M. **Sistema Sm-Nd em Rocha-Total Aberto Versus Fechado:Comportamento Isotópico em Zonas de Alta Deformação.** Geol. USP Sér. Cient., São Paulo, v. 2, p. 109-129, dezembro 2002.

VAN AARDT, J.H.P.; VISSER, S.. **Calcium hydroxide attack on feldspars and clays: possible relevance to cement-aggregate reactions.** Cement and Concrete Research, v.7,n.6,p. 643-648,1977a.In: HASPARYK, N. P. **Investigação de concretos afetados pela reação álcaliagregado e caracterização avançada do gel exsudado.** 2005. 326 f. Tese (Doutorado em Engenharia) –

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

VAUCHEZ, A.; NEVES, S.; CABY, R.; CORSINI, M.; EGÍDIO-SILVA, M.; ARTHAUD, M. & AMARO, V., 1995. **The Borborema Shear Zone System, NE Brazil**. Journal of South American Earth Sciences, 8(3/4):247-266. In: SOARES, D.R. Contribuição à petrologia de pegmatitos mineralizados em elementos raros e elbaítas gemológicas da Província Pegmatítica da Borborema, Nordeste do Brasil. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Geociências. Universidade Federal de Pernambuco. 2004.

VERNON, R.H. **Flame perthite in metapelitic gneisses at Cooma, SE Australia**. American Mineralogist, Volume 84, pages 1760–1765, 1999.

VISVESVARAYA, H.C.; MULLICK, A.K.; GEORGE SAMUEL, S.K.; SINHA, S.K.; WASON, R.C. **Alkali reactivity of granitic rock aggregates**. In: INTERNACIONAL CONGRESS ON THE CHEMISTRY OF CEMENT, 8., 1986, Rio de Janeiro, Proceedings...Rio de Janeiro, 1986, v.5, p. 208-213. In: HASPARYK, N. P. Investigação de concretos afetados pela reação álcaliagregado e caracterização avançada do gel exsudado. 2005. 326 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

WIGUM, B.J., 1995, “**Examination of microstructural features of Norwegian cataclastic rocks and their use for predicting alkali-reactivity in concrete**”, Engineering Geology (40): 195-214p. In: PRADO, A.G. Avaliação petrográfica e experimental de agregados graúdos afetados por deformação tectônica, desenvolvimento de minerais de alteração e texturas de exsolução. Dissertação de mestrado. Programa de pós graduação em engenharia mineral. 2008.

## Anexos

<b>IDENTIFICAÇÃO AMPA-01</b>			
TIPO:			
<input type="checkbox"/> Cascalho <input type="checkbox"/> Pedrisco <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento de rocha <input type="checkbox"/> Testemunho de sondagem <input type="checkbox"/> Pedra britada			
FORMA DOS FRAGMENTOS/ÍNDICE DE FORMA (para pedra britada e pedrisco):			
<input type="checkbox"/> Lamelar <input type="checkbox"/> Equidimensional <input type="checkbox"/> Alongada <input checked="" type="checkbox"/> Não se aplica			
PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS:			
<input type="checkbox"/> Rocha muito coerente <input checked="" type="checkbox"/> Rocha Coerente <input type="checkbox"/> Rocha pouco coerente <input type="checkbox"/> Rocha friável			
CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS:			
COR: Clara. Predominantemente róseo-claro			
ESTRUTURA:			
<input checked="" type="checkbox"/> Maciça <input type="checkbox"/> Foliada <input type="checkbox"/> Bandada <input type="checkbox"/> Outra: _____			
Composição mineralógica			
Principal:	Subordinada:	Deletérios	
Pertita	Opaco	<input type="checkbox"/> Opala	<input type="checkbox"/> Clorofeíta
Microclina	Biotita	<input type="checkbox"/> Calcedônia	<input type="checkbox"/> Zeólita
Plagioclásio		<input type="checkbox"/> Vidro vulcânico	<input checked="" type="checkbox"/> Quartzo deformado
Quartzo		<input type="checkbox"/> Vidro detrificado	<input checked="" type="checkbox"/> Quartzo
Vazios		<input type="checkbox"/>	microgranular
Granada		Outros: _____	
Mica branca			
Argilominerais			
Apatita			
ESTIMATIVA PARA CADA FASE			
<input checked="" type="checkbox"/> <1% <input type="checkbox"/> 1% a 5% <input checked="" type="checkbox"/> >5% <input type="checkbox"/> ausente			
<b>TEXTURA:</b>			
GRANULAÇÃO:			
<input checked="" type="checkbox"/> Grossa (3cm e 5cm) <input type="checkbox"/> Média (5mm e 1mm) <input type="checkbox"/> Fina (<1mm)			
ESTADO DE ALTERAÇÃO:			
<input type="checkbox"/> Rocha sã <input type="checkbox"/> Rocha pouco alterada <input checked="" type="checkbox"/> Rocha alterada			
Observações: _____			
QUARTZO: ÂNGULO EXTINÇÃO ONDULANTE:			
<input type="checkbox"/> <15° <input checked="" type="checkbox"/> 15° a 30° <input type="checkbox"/> >30° <input type="checkbox"/> Não se aplica			
PORCENTAGEM DE QUARTZO MICROGRANULAR:			
<input checked="" type="checkbox"/> <5% <input type="checkbox"/> 5% a 15% <input type="checkbox"/> >15% <input type="checkbox"/> Não se aplica			
FELDSPATOS- Texturas potencialmente reativas:			
<input type="checkbox"/> Mirmequita (quartzo vermiforme) <input type="checkbox"/> Pertita em chama <input type="checkbox"/> Não se aplica			
GRANULAÇÃO DA MATRIZ/CIMENTO (PARA ROCHAS SEDIMENTARES):			
<input type="checkbox"/> >1mm <input type="checkbox"/> 1mm a 0,2mm <input type="checkbox"/> <0,2mm <input checked="" type="checkbox"/> Não se aplica			
MICROFISSURAÇÃO:			
<input type="checkbox"/> Ausente ou fraco <input type="checkbox"/> Moderado <input checked="" type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Não se aplica			
TIPO DE ROCHA:			
<input checked="" type="checkbox"/> Ígnea <input type="checkbox"/> Sedimentar <input type="checkbox"/> Metamórfica			
CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA:			

REATIVIDADE POTENCIAL ÁLCALI-AGREGADO:
<input type="checkbox"/> Potencialmente inócuo <input checked="" type="checkbox"/> Potencialmente reativo

<b>IDENTIFICAÇÃO AMPA-02</b>
TIPO: <input type="checkbox"/> Cascalho <input type="checkbox"/> Pedrisco <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento de rocha <input type="checkbox"/> Testemunho de sondagem <input type="checkbox"/> Pedra britada
FORMA DOS FRAGMENTOS/ÍNDICE DE FORMA (para pedra britada e pedrisco): <input type="checkbox"/> Lamelar <input type="checkbox"/> Equidimensional <input type="checkbox"/> Alongada <input checked="" type="checkbox"/> Não se aplica
PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS: <input type="checkbox"/> Rocha muito coerente <input type="checkbox"/> Rocha Coerente <input checked="" type="checkbox"/> Rocha pouco coerente <input type="checkbox"/> Rocha friável
CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS: COR: Cinza-claro. Pontos esverdeados e pretos
ESTRUTURA: <input checked="" type="checkbox"/> Maciça <input type="checkbox"/> Foliada <input type="checkbox"/> Bandada <input type="checkbox"/> Outra: _____
Composição mineralógica
Deletérios
Principal: Subordinada: <input type="checkbox"/> Opala <input type="checkbox"/> Clorofeíta Plagioclásio Opaco <input type="checkbox"/> Calcedônia <input type="checkbox"/> Zeólita Turmalina Apatita <input type="checkbox"/> Vidro vulcânico <input checked="" type="checkbox"/> Quartzo deformado Quartzo Biotita <input type="checkbox"/> Vidro detrificado <input type="checkbox"/> Quartzo Vazios <input type="checkbox"/> microgranular Berilo <input type="checkbox"/> Mica branca <input type="checkbox"/> Granada <input type="checkbox"/>
Outros: _____
ESTIMATIVA PARA CADA FASE <input type="checkbox"/> <1% <input type="checkbox"/> 1% a 5% <input checked="" type="checkbox"/> >5% <input type="checkbox"/> ausente
<b>TEXTURA:</b>
GRANULAÇÃO: <input checked="" type="checkbox"/> Grossa (3cm e 5cm) <input type="checkbox"/> Média (5mm e 1mm) <input type="checkbox"/> Fina (<1mm)
ESTADO DE ALTERAÇÃO: <input type="checkbox"/> Rocha sã <input type="checkbox"/> Rocha pouco alterada <input checked="" type="checkbox"/> Rocha alterada Observações: _____
QUARTZO: ÂNGULO EXTINÇÃO ONDULANTE: <input checked="" type="checkbox"/> <15° <input type="checkbox"/> 15° a 30° <input type="checkbox"/> >30° <input type="checkbox"/> Não se aplica
PORCENTAGEM DE QUARTZO MICROGRANULAR: <input type="checkbox"/> <5% <input type="checkbox"/> 5% a 15% <input type="checkbox"/> >15% <input type="checkbox"/> Não se aplica
FELDSPATOS- Texturas potencialmente reativas: <input type="checkbox"/> Mirmequita (quartzo vermiforme) <input type="checkbox"/> Pertita em chama <input type="checkbox"/> Não se aplica
GRANULAÇÃO DA MATRIZ/CIMENTO (PARA ROCHAS SEDIMENTARES): <input type="checkbox"/> >1mm <input type="checkbox"/> 1mm a 0,2mm <input type="checkbox"/> <0,2mm <input checked="" type="checkbox"/> Não se aplica
MICROFISSURAÇÃO: <input type="checkbox"/> Ausente ou fraco <input type="checkbox"/> Moderado <input checked="" type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Não se aplica
TIPO DE ROCHA:

<input checked="" type="checkbox"/> Ígnea <input type="checkbox"/> Sedimentar <input type="checkbox"/> Metamórfica
CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA:
REATIVIDADE POTENCIAL ÁLCALI-AGREGADO:
<input type="checkbox"/> Potencialmente inócuo <input checked="" type="checkbox"/> Potencialmente reativo

<b>IDENTIFICAÇÃO AMPA-03</b>
TIPO:
<input type="checkbox"/> Cascalho <input type="checkbox"/> Pedrisco <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento de rocha <input type="checkbox"/> Testemunho de sondagem <input type="checkbox"/> Pedra britada
FORMA DOS FRAGMENTOS/ÍNDICE DE FORMA (para pedra britada e pedrisco):
<input type="checkbox"/> Lamelar <input type="checkbox"/> Equidimensional <input type="checkbox"/> Alongada <input checked="" type="checkbox"/> Não se aplica
PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS:
<input type="checkbox"/> Rocha muito coerente <input checked="" type="checkbox"/> Rocha Coerente <input type="checkbox"/> Rocha pouco coerente <input type="checkbox"/> Rocha friável
CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS:
COR: Clara, branco-leitoso predominantemente
ESTRUTURA:
<input checked="" type="checkbox"/> Maciça <input type="checkbox"/> Foliada <input type="checkbox"/> Bandada <input type="checkbox"/> Outra: _____
Composição mineralógica
Principal: Subordinada: Deletérios
Quartzo Granada <input type="checkbox"/> Opala <input type="checkbox"/> Clorofeita
Plagioclásio Opaco <input type="checkbox"/> Calcedônia <input type="checkbox"/> Zeólita
Muscovita Mica branca <input type="checkbox"/> Vidro vulcânico <input checked="" type="checkbox"/> Quartzo deformado
Turmalina <input type="checkbox"/> Vidro detrificado <input type="checkbox"/> Quartzo
K-feldspato <input type="checkbox"/> microgranular
Outros: _____
ESTIMATIVA PARA CADA FASE
<input type="checkbox"/> <1% <input type="checkbox"/> 1% a 5% <input checked="" type="checkbox"/> >5% <input type="checkbox"/> ausente
<b>TEXTURA:</b>
GRANULAÇÃO:
<input checked="" type="checkbox"/> Grossa (3cm e 5cm) <input type="checkbox"/> Média (5mm e 1mm) <input type="checkbox"/> Fina (<1mm)
ESTADO DE ALTERAÇÃO:
<input type="checkbox"/> Rocha sã <input type="checkbox"/> Rocha pouco alterada <input checked="" type="checkbox"/> Rocha alterada
Observações: _____
QUARTZO: ÂNGULO EXTINÇÃO ONDULANTE:
<input checked="" type="checkbox"/> <15° <input type="checkbox"/> 15° a 30° <input type="checkbox"/> >30° <input type="checkbox"/> Não se aplica
PORCENTAGEM DE QUARTZO MICROGRANULAR:
<input type="checkbox"/> <5% <input type="checkbox"/> 5% a 15% <input type="checkbox"/> >15% <input type="checkbox"/> Não se aplica
FELDSPATOS- Texturas potencialmente reativas:
<input type="checkbox"/> Mirmequita (quartzo vermiforme) <input type="checkbox"/> Pertita em chama <input type="checkbox"/> Não se aplica
GRANULAÇÃO DA MATRIZ/CIMENTO (PARA ROCHAS SEDIMENTARES):
<input type="checkbox"/> >1mm <input type="checkbox"/> 1mm a 0,2mm <input type="checkbox"/> <0,2mm <input checked="" type="checkbox"/> Não se aplica
MICROFISSURAÇÃO:

<input type="checkbox"/> Ausente ou fraco <input type="checkbox"/> Moderado <input checked="" type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Não se aplica
TIPO DE ROCHA: <input checked="" type="checkbox"/> Ígnea <input type="checkbox"/> Sedimentar <input type="checkbox"/> Metamórfica
CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA:
REATIVIDADE POTENCIAL ÁLCALI-AGREGADO:
<input type="checkbox"/> Potencialmente inócuo <input checked="" type="checkbox"/> Potencialmente reativo

<b>IDENTIFICAÇÃO AMPA-04</b>
TIPO:  <input type="checkbox"/> Cascalho <input type="checkbox"/> Pedrisco <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento de rocha <input type="checkbox"/> Testemunho de sondagem <input type="checkbox"/> Pedra britada
FORMA DOS FRAGMENTOS/ÍNDICE DE FORMA (para pedra britada e pedrisco): <input type="checkbox"/> Lamelar <input type="checkbox"/> Equidimensional <input type="checkbox"/> Alongada <input checked="" type="checkbox"/> Não se aplica
PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS: <input type="checkbox"/> Rocha muito coerente <input checked="" type="checkbox"/> Rocha Coerente <input type="checkbox"/> Rocha pouco coerente <input type="checkbox"/> Rocha friável
CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS: COR: Clara com pontos arroxeados e pontos escuros
ESTRUTURA: <input checked="" type="checkbox"/> Maciça <input type="checkbox"/> Foliada <input type="checkbox"/> Bandada <input type="checkbox"/> Outra: _____
Composição mineralógica
Principal:    Subordinada:    Deletérios
Microclina    Argilomineral <input type="checkbox"/> Opala <input type="checkbox"/> Clorofeíta
Pertita    Opaco <input type="checkbox"/> Calcedônia <input type="checkbox"/> Zeólita
Plagioclásio    Biotita <input type="checkbox"/> Vidro vulcânico <input type="checkbox"/> Quartzo deformado
Quartzo <input type="checkbox"/> Vidro detrificado <input checked="" type="checkbox"/> Quartzo
Vazios <input type="checkbox"/> microgranular
Outros: _____
ESTIMATIVA PARA CADA FASE <input checked="" type="checkbox"/> <1% <input type="checkbox"/> 1% a 5% <input type="checkbox"/> >5% <input type="checkbox"/> ausente
<b>TEXTURA:</b>
GRANULAÇÃO: <input checked="" type="checkbox"/> Grossa (3cm e 5cm) <input type="checkbox"/> Média (5mm e 1mm) <input type="checkbox"/> Fina (<1mm)
ESTADO DE ALTERAÇÃO: <input type="checkbox"/> Rocha sã <input type="checkbox"/> Rocha pouco alterada <input checked="" type="checkbox"/> Rocha alterada
Observações: _____
QUARTZO: ÂNGULO EXTINÇÃO ONDULANTE: <input type="checkbox"/> <15° <input type="checkbox"/> 15° a 30° <input type="checkbox"/> >30° <input type="checkbox"/> Não se aplica
PORCENTAGEM DE QUARTZO MICROGRANULAR: <input checked="" type="checkbox"/> <5% <input type="checkbox"/> 5% a 15% <input type="checkbox"/> >15% <input type="checkbox"/> Não se aplica
FELDSPATOS- Texturas potencialmente reativas: <input type="checkbox"/> Mirmequita (quartzo vermiforme) <input type="checkbox"/> Pertita em chama <input type="checkbox"/> Não se aplica
GRANULAÇÃO DA MATRIZ/CIMENTO (PARA ROCHAS SEDIMENTARES):

<input type="checkbox"/> >1mm <input type="checkbox"/> 1mm a 0,2mm <input type="checkbox"/> <0,2mm <input checked="" type="checkbox"/> Não se aplica
MICROFISSURAÇÃO: <input type="checkbox"/> Ausente ou fraco <input type="checkbox"/> Moderado <input checked="" type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Não se aplica
TIPO DE ROCHA: <input checked="" type="checkbox"/> Ígnea <input type="checkbox"/> Sedimentar <input type="checkbox"/> Metamórfica
CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA:
REATIVIDADE POTENCIAL ÁLCALI-AGREGADO: <input checked="" type="checkbox"/> Potencialmente inócuo <input type="checkbox"/> Potencialmente reativo

<b>IDENTIFICAÇÃO AMPA-05</b>			
TIPO: <input type="checkbox"/> Cascalho <input type="checkbox"/> Pedrisco <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento de rocha <input type="checkbox"/> Testemunho de sondagem <input type="checkbox"/> Pedra britada			
FORMA DOS FRAGMENTOS/ÍNDICE DE FORMA (para pedra britada e pedrisco): <input type="checkbox"/> Lamelar <input type="checkbox"/> Equidimensional <input type="checkbox"/> Alongada <input checked="" type="checkbox"/> Não se aplica			
PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS: <input type="checkbox"/> Rocha muito coerente <input type="checkbox"/> Rocha Coerente <input checked="" type="checkbox"/> Rocha pouco coerente <input type="checkbox"/> Rocha friável			
CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS: COR: Clara, com porções escuras.			
ESTRUTURA: <input checked="" type="checkbox"/> Maciça <input type="checkbox"/> Foliada <input type="checkbox"/> Bandada <input type="checkbox"/> Outra: _____			
Composição mineralógica			
Principal:	Subordinada:	Deletérios	
Plagioclásio	Apatita	<input type="checkbox"/> Opala	<input type="checkbox"/> Clorofeíta
Pertita	Granada	<input type="checkbox"/> Calcedônia	<input type="checkbox"/> Zeólita
Muscovita	Opaco	<input type="checkbox"/> Vidro vulcânico	<input checked="" type="checkbox"/> Quartzo deformado
Quartzo		<input type="checkbox"/> Vidro detrificado	<input type="checkbox"/> Quartzo
Mica branca		<input type="checkbox"/>	microgranular
Argilomineral			
Turmalina			
Outros: _____			
ESTIMATIVA PARA CADA FASE <input checked="" type="checkbox"/> <1% <input type="checkbox"/> 1% a 5% <input type="checkbox"/> >5% <input type="checkbox"/> ausente			
<b>TEXTURA:</b>			
GRANULAÇÃO: <input checked="" type="checkbox"/> Grossa (3cm e 5cm) <input type="checkbox"/> Média (5mm e 1mm) <input type="checkbox"/> Fina (<1mm)			
ESTADO DE ALTERAÇÃO: <input type="checkbox"/> Rocha sã <input checked="" type="checkbox"/> Rocha pouco alterada <input type="checkbox"/> Rocha alterada			
Observações: _____			
QUARTZO: ÂNGULO EXTINÇÃO ONDULANTE: <input checked="" type="checkbox"/> <15° <input type="checkbox"/> 15° a 30° <input type="checkbox"/> >30° <input type="checkbox"/> Não se aplica			
PORCENTAGEM DE QUARTZO MICROGRANULAR: <input type="checkbox"/> <5% <input type="checkbox"/> 5% a 15% <input type="checkbox"/> >15% <input type="checkbox"/> Não se aplica			
FELDSPATOS- Texturas potencialmente reativas:			

<input type="checkbox"/> Mirmequita (quartzo vermiforme) <input type="checkbox"/> Pertita em chama <input type="checkbox"/> Não se aplica
GRANULAÇÃO DA MATRIZ/CIMENTO (PARA ROCHAS SEDIMENTARES): <input type="checkbox"/> >1mm <input type="checkbox"/> 1mm a 0,2mm <input type="checkbox"/> <0,2mm <input checked="" type="checkbox"/> Não se aplica
MICROFISSURAÇÃO: <input type="checkbox"/> Ausente ou fraco <input type="checkbox"/> Moderado <input checked="" type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Não se aplica
TIPO DE ROCHA: <input checked="" type="checkbox"/> Ígnea <input type="checkbox"/> Sedimentar <input type="checkbox"/> Metamórfica
CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA:
REATIVIDADE POTENCIAL ÁLCALI-AGREGADO: <input checked="" type="checkbox"/> Potencialmente inócuo <input type="checkbox"/> Potencialmente reativo

<b>IDENTIFICAÇÃO AMPA-06</b>																												
TIPO: <input type="checkbox"/> Cascalho <input type="checkbox"/> Pedrisco <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento de rocha <input type="checkbox"/> Testemunho de sondagem <input type="checkbox"/> Pedra britada																												
FORMA DOS FRAGMENTOS/ÍNDICE DE FORMA (para pedra britada e pedrisco): <input type="checkbox"/> Lamelar <input type="checkbox"/> Equidimensional <input type="checkbox"/> Alongada <input type="checkbox"/> Não se aplica																												
PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS: <input type="checkbox"/> Rocha muito coerente <input checked="" type="checkbox"/> Rocha Coerente <input type="checkbox"/> Rocha pouco coerente <input type="checkbox"/> Rocha friável																												
CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS:																												
COR: Clara, predominantemente branco-leitoso.																												
ESTRUTURA: <input checked="" type="checkbox"/> Maciça <input type="checkbox"/> Foliada <input type="checkbox"/> Bandada <input type="checkbox"/> Outra: _____																												
Composição mineralógica																												
<table border="0"> <tr> <td>Principal:</td> <td>Subordinada:</td> <td colspan="2">Deletérios</td> </tr> <tr> <td>Plagioclásio</td> <td>Turmalina</td> <td><input type="checkbox"/> Opala</td> <td><input type="checkbox"/> Clorofeíta</td> </tr> <tr> <td>Quartzo</td> <td>Apatita</td> <td><input type="checkbox"/> Calcedônia</td> <td><input type="checkbox"/> Zeólita</td> </tr> <tr> <td>Mica branca</td> <td>Opaco</td> <td><input type="checkbox"/> Vidro vulcânico</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> Quartzo deformado</td> </tr> <tr> <td>Argilomineral</td> <td>Pertita</td> <td><input type="checkbox"/> Vidro detrificado</td> <td><input type="checkbox"/> Quartzo</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Microclina</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>microgranular</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Granada</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Principal:	Subordinada:	Deletérios		Plagioclásio	Turmalina	<input type="checkbox"/> Opala	<input type="checkbox"/> Clorofeíta	Quartzo	Apatita	<input type="checkbox"/> Calcedônia	<input type="checkbox"/> Zeólita	Mica branca	Opaco	<input type="checkbox"/> Vidro vulcânico	<input checked="" type="checkbox"/> Quartzo deformado	Argilomineral	Pertita	<input type="checkbox"/> Vidro detrificado	<input type="checkbox"/> Quartzo		Microclina	<input type="checkbox"/>	microgranular		Granada		
Principal:	Subordinada:	Deletérios																										
Plagioclásio	Turmalina	<input type="checkbox"/> Opala	<input type="checkbox"/> Clorofeíta																									
Quartzo	Apatita	<input type="checkbox"/> Calcedônia	<input type="checkbox"/> Zeólita																									
Mica branca	Opaco	<input type="checkbox"/> Vidro vulcânico	<input checked="" type="checkbox"/> Quartzo deformado																									
Argilomineral	Pertita	<input type="checkbox"/> Vidro detrificado	<input type="checkbox"/> Quartzo																									
	Microclina	<input type="checkbox"/>	microgranular																									
	Granada																											
Outros: _____																												
ESTIMATIVA PARA CADA FASE <input type="checkbox"/> <1% <input type="checkbox"/> 1% a 5% <input checked="" type="checkbox"/> >5% <input type="checkbox"/> ausente																												
<b>TEXTURA:</b>																												
GRANULAÇÃO: <input checked="" type="checkbox"/> Grossa (3cm e 5cm) <input type="checkbox"/> Média (5mm e 1mm) <input type="checkbox"/> Fina (<1mm)																												
ESTADO DE ALTERAÇÃO: <input type="checkbox"/> Rocha sã <input type="checkbox"/> Rocha pouco alterada <input checked="" type="checkbox"/> Rocha alterada																												
Observações: _____																												
QUARTZO: ÂNGULO EXTINÇÃO ONDULANTE: <input type="checkbox"/> <15° <input checked="" type="checkbox"/> 15° a 30° <input type="checkbox"/> >30° <input type="checkbox"/> Não se aplica																												
PORCENTAGEM DE QUARTZO MICROGRANULAR:																												

<input type="checkbox"/> <5% <input type="checkbox"/> 5% a 15% <input type="checkbox"/> >15% <input type="checkbox"/> Não se aplica
FELDSPATOS- Texturas potencialmente reativas: <input type="checkbox"/> Mirmequita (quartzo vermiforme) <input type="checkbox"/> Pertita em chama <input type="checkbox"/> Não se aplica
GRANULAÇÃO DA MATRIZ/CIMENTO (PARA ROCHAS SEDIMENTARES): <input type="checkbox"/> >1mm <input type="checkbox"/> 1mm a 0,2mm <input type="checkbox"/> <0,2mm <input checked="" type="checkbox"/> Não se aplica
MICROFISSURAÇÃO: <input type="checkbox"/> Ausente ou fraco <input type="checkbox"/> Moderado <input checked="" type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Não se aplica
TIPO DE ROCHA: <input checked="" type="checkbox"/> Ígnea <input type="checkbox"/> Sedimentar <input type="checkbox"/> Metamórfica
CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA:
REATIVIDADE POTENCIAL ÁLCALI-AGREGADO:
<input type="checkbox"/> Potencialmente inócuo <input checked="" type="checkbox"/> Potencialmente reativo

<b>IDENTIFICAÇÃO AMPA-07</b>			
TIPO:			
<input type="checkbox"/> Cascalho <input type="checkbox"/> Pedrisco <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento de rocha <input type="checkbox"/> Testemunho de sondagem <input type="checkbox"/> Pedra britada			
FORMA DOS FRAGMENTOS/ÍNDICE DE FORMA (para pedra britada e pedrisco):			
<input type="checkbox"/> Lamelar <input type="checkbox"/> Equidimensional <input type="checkbox"/> Alongada <input checked="" type="checkbox"/> Não se aplica			
PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS:			
<input type="checkbox"/> Rocha muito coerente <input checked="" type="checkbox"/> Rocha Coerente <input type="checkbox"/> Rocha pouco coerente <input type="checkbox"/> Rocha friável			
CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS:			
COR: Cinza-claro com porções mais escuras			
ESTRUTURA:			
<input checked="" type="checkbox"/> Maciça <input type="checkbox"/> Foliada <input type="checkbox"/> Bandada <input type="checkbox"/> Outra: _____			
Composição mineralógica			
Principal:	Subordinada:	Deletérios	
Plagioclásio	Opaco	<input type="checkbox"/> Opala	<input type="checkbox"/> Clorofeíta
Turmalina	Argilominerais	<input type="checkbox"/> Calcedônia	<input type="checkbox"/> Zeólita
Quartzo	Zircão	<input type="checkbox"/> Vidro vulcânico	<input checked="" type="checkbox"/> Quartzo deformado
Berilo	Microclina	<input type="checkbox"/> Vidro detrificado	<input type="checkbox"/> Quartzo
Vazios	Pertita	<input type="checkbox"/>	microgranular
Muscovita			
Mica branca			
Apatita			
Granada			
Outros: _____			
ESTIMATIVA PARA CADA FASE			
<input type="checkbox"/> <1% <input type="checkbox"/> 1% a 5% <input checked="" type="checkbox"/> >5% <input type="checkbox"/> ausente			
<b>TEXTURA:</b>			
GRANULAÇÃO:			
<input checked="" type="checkbox"/> Grossa (3cm e 5cm) <input type="checkbox"/> Média (5mm e 1mm) <input type="checkbox"/> Fina (<1mm)			
ESTADO DE ALTERAÇÃO:			
<input type="checkbox"/> Rocha sã <input type="checkbox"/> Rocha pouco alterada <input checked="" type="checkbox"/> Rocha alterada			
Observações: _____			
QUARTZO: ÂNGULO EXTINÇÃO ONDULANTE:			

<input checked="" type="checkbox"/> <15° <input type="checkbox"/> 15° a 30° <input type="checkbox"/> >30° <input type="checkbox"/> Não se aplica PORCENTAGEM DE QUARTZO MICROGRANULAR: <input type="checkbox"/> <5% <input type="checkbox"/> 5% a 15% <input type="checkbox"/> >15% <input type="checkbox"/> Não se aplica
FELDSPATOS- Texturas potencialmente reativas: <input type="checkbox"/> Mirmequita (quartzo vermiforme) <input type="checkbox"/> Pertita em chama <input type="checkbox"/> Não se aplica
GRANULAÇÃO DA MATRIZ/CIMENTO (PARA ROCHAS SEDIMENTARES): <input type="checkbox"/> >1mm <input type="checkbox"/> 1mm a 0,2mm <input type="checkbox"/> <0,2mm <input checked="" type="checkbox"/> Não se aplica
MICROFISSURAÇÃO: <input type="checkbox"/> Ausente ou fraco <input type="checkbox"/> Moderado <input checked="" type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Não se aplica
TIPO DE ROCHA: <input checked="" type="checkbox"/> Ígnea <input type="checkbox"/> Sedimentar <input type="checkbox"/> Metamórfica
CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA:
REATIVIDADE POTENCIAL ÁLCALI-AGREGADO:
<input type="checkbox"/> Potencialmente inócuo <input checked="" type="checkbox"/> Potencialmente reativo

<b>IDENTIFICAÇÃO AMPA-08</b>	
TIPO:	
<input type="checkbox"/> Cascalho <input type="checkbox"/> Pedrisco <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento de rocha <input type="checkbox"/> Testemunho de sondagem <input type="checkbox"/> Pedra britada	
FORMA DOS FRAGMENTOS/ÍNDICE DE FORMA (para pedra britada e pedrisco):	
<input type="checkbox"/> Lamelar <input type="checkbox"/> Equidimensional <input type="checkbox"/> Alongada <input checked="" type="checkbox"/> Não se aplica	
PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS:	
<input type="checkbox"/> Rocha muito coerente <input type="checkbox"/> Rocha Coerente <input checked="" type="checkbox"/> Rocha pouco coerente <input type="checkbox"/> Rocha friável	
CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS:	
COR: Claro com porções escuras e róseo-avermelhado	
ESTRUTURA:	
<input checked="" type="checkbox"/> Maciça <input type="checkbox"/> Foliada <input type="checkbox"/> Bandada <input type="checkbox"/> Outra: _____	
Composição mineralógica	
Principal: Plagioclásio Quartzo Vazios Mica branca Opaco	Subordinada: Biotita Microclina Pertita
Deletérios <input type="checkbox"/> Opala <input type="checkbox"/> Clorofeíta <input type="checkbox"/> Calcedônia <input type="checkbox"/> Zeólita <input type="checkbox"/> Vidro vulcânico <input checked="" type="checkbox"/> Quartzo deformado <input type="checkbox"/> Vidro detrificado <input type="checkbox"/> Quartzo <input type="checkbox"/> microgranular	
Outros: _____	
ESTIMATIVA PARA CADA FASE	
<input type="checkbox"/> <1% <input type="checkbox"/> 1% a 5% <input checked="" type="checkbox"/> >5% <input type="checkbox"/> ausente	
<b>TEXTURA:</b>	
GRANULAÇÃO:	
<input checked="" type="checkbox"/> Grossa (3cm e 5cm) <input type="checkbox"/> Média (5mm e 1mm) <input type="checkbox"/> Fina (<1mm)	
ESTADO DE ALTERAÇÃO:	



<input checked="" type="checkbox"/> Grossa (3cm e 5cm) <input type="checkbox"/> Média (5mm e 1mm) <input type="checkbox"/> Fina(<1mm)
ESTADO DE ALTERAÇÃO: <input type="checkbox"/> Rocha sã <input type="checkbox"/> Rocha pouco alterada <input checked="" type="checkbox"/> Rocha alterada Observações: _____
QUARTZO:ÂNGULO EXTINÇÃO ONDULANTE: <input checked="" type="checkbox"/> <15° <input type="checkbox"/> 15° a 30° <input type="checkbox"/> >30° <input type="checkbox"/> Não se aplica PORCENTAGEM DE QUARTZO MICROGRANULAR: <input type="checkbox"/> <5% <input type="checkbox"/> 5% a 15% <input type="checkbox"/> >15% <input type="checkbox"/> Não se aplica
FELDSPATOS- Texturas potencialmente reativas: <input type="checkbox"/> Mirmequita (quartzo vermiforme) <input type="checkbox"/> Pertita em chama <input type="checkbox"/> Não se aplica
GRANULAÇÃO DA MATRIZ/CIMENTO (PARA ROCHAS SEDIMENTARES): <input type="checkbox"/> >1mm <input type="checkbox"/> 1mm a 0,2mm <input type="checkbox"/> <0,2mm <input checked="" type="checkbox"/> Não se aplica
MICROFISSURAÇÃO: <input type="checkbox"/> Ausente ou fraco <input type="checkbox"/> Moderado <input checked="" type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Não se aplica
TIPO DE ROCHA: <input checked="" type="checkbox"/> Ígnea <input type="checkbox"/> Sedimentar <input type="checkbox"/> Metamórfica
CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA:
REATIVIDADE POTENCIAL ÁLCALI-AGREGADO: <input type="checkbox"/> Potencialmente inócuo <input checked="" type="checkbox"/> Potencialmente reativo

<b>IDENTIFICAÇÃO AMCA-01</b>			
TIPO: <input type="checkbox"/> Cascalho <input type="checkbox"/> Pedrisco <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento de rocha <input type="checkbox"/> Testemunho de sondagem <input type="checkbox"/> Pedra britada			
FORMA DOS FRAGMENTOS/ÍNDICE DE FORMA (para pedra britada e pedrisco): <input type="checkbox"/> Lamelar <input type="checkbox"/> Equidimensional <input type="checkbox"/> Alongada <input checked="" type="checkbox"/> Não se aplica			
PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS: <input type="checkbox"/> Rocha muito coerente <input checked="" type="checkbox"/> Rocha Coerente <input type="checkbox"/> Rocha pouco coerente <input type="checkbox"/> Rocha friável			
CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS: COR: Escuro alternância de porção branco-leitoso, porção esverdeada e amarronzada			
ESTRUTURA: <input type="checkbox"/> Maciça <input checked="" type="checkbox"/> Foliada <input type="checkbox"/> Bandada <input type="checkbox"/> Outra: _____			
Composição mineralógica			
Principal:	Subordinada:	Deletérios	
Microclina	Apatita	<input type="checkbox"/> Opala	<input type="checkbox"/> Clorofeita
Biotita	Opaco	<input type="checkbox"/> Calcedônia	<input type="checkbox"/> Zeólita
Hornblenda	Allanita	<input type="checkbox"/> Vidro vulcânico	<input checked="" type="checkbox"/> Quartzo deformado
Quartzo	Turmalina	<input type="checkbox"/> Vidro detrificado	<input checked="" type="checkbox"/> Quartzo
Vazios		<input type="checkbox"/>	microgranular
Epidoto		Outros: _____	
Pertita		ESTIMATIVA PARA CADA FASE	
Mirmequita		<input type="checkbox"/> <1% <input checked="" type="checkbox"/> 1% a 5% <input type="checkbox"/> >5% <input type="checkbox"/> ausente	
Plagioclásio			
Zircão			
Titanita			

<b>TEXTURA:</b>
GRANULAÇÃO: <input type="checkbox"/> Grossa (3cm e 5cm) <input checked="" type="checkbox"/> Média (5mm e 1mm) <input type="checkbox"/> Fina(<1mm)
ESTADO DE ALTERAÇÃO: <input type="checkbox"/> Rocha sã <input checked="" type="checkbox"/> Rocha pouco alterada <input type="checkbox"/> Rocha alterada Observações: _____
QUARTZO:ÂNGULO EXTINÇÃO ONDULANTE: <input type="checkbox"/> <15° <input checked="" type="checkbox"/> 15° a 30° <input type="checkbox"/> >30° <input type="checkbox"/> Não se aplica PORCENTAGEM DE QUARTZO MICROGRANULAR: <input type="checkbox"/> <5% <input checked="" type="checkbox"/> 5% a 15% <input type="checkbox"/> >15% <input type="checkbox"/> Não se aplica
FELDSPATOS- Texturas potencialmente reativas: <input checked="" type="checkbox"/> Mirmequita (quartzo vermiforme) <input type="checkbox"/> Pertita em chama <input type="checkbox"/> Não se aplica
GRANULAÇÃO DA MATRIZ/CIMENTO (PARA ROCHAS SEDIMENTARES): <input type="checkbox"/> >1mm <input type="checkbox"/> 1mm a 0,2mm <input type="checkbox"/> <0,2mm <input type="checkbox"/> Não se aplica
MICROFISSURAÇÃO: <input checked="" type="checkbox"/> Ausente ou fraco <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Não se aplica
TIPO DE ROCHA: <input type="checkbox"/> Ígnea <input type="checkbox"/> Sedimentar <input checked="" type="checkbox"/> Metamórfica
CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA:
REATIVIDADE POTENCIAL ÁLCALI-AGREGADO: <input type="checkbox"/> Potencialmente inócuo <input checked="" type="checkbox"/> Potencialmente reativo

<b>IDENTIFICAÇÃO AMCA-02</b>
TIPO: <input type="checkbox"/> Cascalho <input type="checkbox"/> Pedrisco <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento de rocha <input type="checkbox"/> Testemunho de sondagem <input type="checkbox"/> Pedra britada
FORMA DOS FRAGMENTOS/ÍNDICE DE FORMA (para pedra britada e pedrisco): <input type="checkbox"/> Lamelar <input type="checkbox"/> Equidimensional <input type="checkbox"/> Alongada <input checked="" type="checkbox"/> Não se aplica
PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS: <input checked="" type="checkbox"/> Rocha muito coerente <input type="checkbox"/> Rocha Coerente <input type="checkbox"/> Rocha pouco coerente <input type="checkbox"/> Rocha friável
CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS: COR: Escuro, com porções claras alternada com porção escura.
ESTRUTURA: <input type="checkbox"/> Maciça <input checked="" type="checkbox"/> Foliada <input type="checkbox"/> Bandada <input type="checkbox"/> Outra: _____

Composição mineralógica		Deletérios	
Principal:	Subordinada:		
Microclina	Hornblenda	<input type="checkbox"/> Opala	<input type="checkbox"/> Clorofeíta
Quartzo	Opaco	<input type="checkbox"/> Calcedônia	<input type="checkbox"/> Zeólita
Biotita	Argilomineral	<input type="checkbox"/> Vidro vulcânico	<input checked="" type="checkbox"/> Quartzo deformado
Plagioclásio	Epidoto	<input type="checkbox"/> Vidro detrificado	<input checked="" type="checkbox"/> Quartzo
Titanita	Zircão	<input type="checkbox"/>	microgranular
Muscovita			
Apatita			
Outros: _____			
<b>ESTIMATIVA PARA CADA FASE</b>			
<input type="checkbox"/> <1% <input checked="" type="checkbox"/> 1% a 5% <input checked="" type="checkbox"/> >5% <input type="checkbox"/> ausente			
<b>TEXTURA:</b>			
GRANULAÇÃO:			
<input type="checkbox"/> Grossa (3cm e 5cm) <input checked="" type="checkbox"/> Média (5mm e 1mm) <input type="checkbox"/> Fina (<1mm)			
ESTADO DE ALTERAÇÃO:			
<input type="checkbox"/> Rocha sã <input checked="" type="checkbox"/> Rocha pouco alterada <input type="checkbox"/> Rocha alterada			
Observações: _____			
QUARTZO: ÂNGULO EXTINÇÃO ONDULANTE:			
<input type="checkbox"/> <15° <input checked="" type="checkbox"/> 15° a 30° <input type="checkbox"/> >30° <input type="checkbox"/> Não se aplica			
PORCENTAGEM DE QUARTZO MICROGRANULAR:			
<input checked="" type="checkbox"/> <5% <input type="checkbox"/> 5% a 15% <input type="checkbox"/> >15% <input type="checkbox"/> Não se aplica			
FELDSPATOS- Texturas potencialmente reativas:			
<input type="checkbox"/> Mirmequita (quartzo vermiforme) <input type="checkbox"/> Pertita em chama <input type="checkbox"/> Não se aplica			
GRANULAÇÃO DA MATRIZ/CIMENTO (PARA ROCHAS SEDIMENTARES):			
<input type="checkbox"/> >1mm <input type="checkbox"/> 1mm a 0,2mm <input type="checkbox"/> <0,2mm <input checked="" type="checkbox"/> Não se aplica			
MICROFISSURAÇÃO:			
<input checked="" type="checkbox"/> Ausente ou fraco <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Não se aplica			
TIPO DE ROCHA:			
<input type="checkbox"/> Ígnea <input type="checkbox"/> Sedimentar <input checked="" type="checkbox"/> Metamórfica			
CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA:			
REATIVIDADE POTENCIAL ÁLCALI-AGREGADO:			
<input type="checkbox"/> Potencialmente inócuo <input checked="" type="checkbox"/> Potencialmente reativo			

<b>IDENTIFICAÇÃO AMCA-03</b>
TIPO:
<input type="checkbox"/> Cascalho <input type="checkbox"/> Pedrisco <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento de rocha <input type="checkbox"/> Testemunho de sondagem <input type="checkbox"/> Pedra britada
FORMA DOS FRAGMENTOS/ÍNDICE DE FORMA (para pedra britada e pedrisco):
<input type="checkbox"/> Lamelar <input type="checkbox"/> Equidimensional <input type="checkbox"/> Alongada <input type="checkbox"/> Não se aplica
PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS:
<input checked="" type="checkbox"/> Rocha muito coerente <input type="checkbox"/> Rocha Coerente <input type="checkbox"/> Rocha pouco coerente <input type="checkbox"/> Rocha friável
CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS:
COR: Escuro, alternância de porção escura e porção branco-leitoso

<b>ESTRUTURA:</b>			
<input type="checkbox"/> Maciça <input checked="" type="checkbox"/> Foliada <input type="checkbox"/> Bandada <input type="checkbox"/> Outra: _____			
Composição mineralógica			
Principal:		Deletérios	
K-feldspato	Subordinada: Zircão	<input type="checkbox"/> Opala	<input type="checkbox"/> Clorofeíta
Quartzo		<input type="checkbox"/> Calcedônia	<input type="checkbox"/> Zeólita
Plagioclásio		<input type="checkbox"/> Vidro vulcânico	<input checked="" type="checkbox"/> Quartzo deformado
Mica branca		<input type="checkbox"/> Vidro detrificado	<input type="checkbox"/> Quartzo
Biotita		<input type="checkbox"/>	microgranular
Epidoto		Outros: _____	
Clorita			
Titanita			
Opaco			
Apatita			
<b>ESTIMATIVA PARA CADA FASE</b>			
<input type="checkbox"/> <1% <input type="checkbox"/> 1% a 5% <input checked="" type="checkbox"/> >5% <input type="checkbox"/> ausente			
<b>TEXTURA:</b>			
GRANULAÇÃO:			
<input type="checkbox"/> Grossa (3cm e 5cm) <input checked="" type="checkbox"/> Média (5mm e 1mm) <input type="checkbox"/> Fina(<1mm)			
ESTADO DE ALTERAÇÃO:			
<input type="checkbox"/> Rocha sã <input type="checkbox"/> Rocha pouco alterada <input checked="" type="checkbox"/> Rocha alterada			
Observações: _____ -			
QUARTZO: ÂNGULO EXTINÇÃO ONDULANTE:			
<input type="checkbox"/> <15° <input checked="" type="checkbox"/> 15° a 30° <input type="checkbox"/> >30° <input type="checkbox"/> Não se aplica			
PORCENTAGEM DE QUARTZO MICROGRANULAR:			
<input type="checkbox"/> <5% <input type="checkbox"/> 5% a 15% <input type="checkbox"/> >15% <input type="checkbox"/> Não se aplica			
FELDSPATOS- Texturas potencialmente reativas:			
<input type="checkbox"/> Mirmequita (quartzo vermiforme) <input type="checkbox"/> Pertita em chama <input type="checkbox"/> Não se aplica			
GRANULAÇÃO DA MATRIZ/CIMENTO (PARA ROCHAS SEDIMENTARES):			
<input type="checkbox"/> >1mm <input type="checkbox"/> 1mm a 0,2mm <input type="checkbox"/> <0,2mm <input type="checkbox"/> Não se aplica			
MICROFISSURAÇÃO:			
<input checked="" type="checkbox"/> Ausente ou fraco <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Não se aplica			
TIPO DE ROCHA:			
<input type="checkbox"/> Ígnea <input type="checkbox"/> Sedimentar <input checked="" type="checkbox"/> Metamórfica			
CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA:			
REATIVIDADE POTENCIAL ÁLCALI-AGREGADO:			
<input type="checkbox"/> Potencialmente inócuo <input checked="" type="checkbox"/> Potencialmente reativo			

<b>IDENTIFICAÇÃO AMCA-04</b>
TIPO:
<input type="checkbox"/> Cascalho <input type="checkbox"/> Pedrisco <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento de rocha <input type="checkbox"/> Testemunho de sondagem <input type="checkbox"/> Pedra britada
FORMA DOS FRAGMENTOS/ÍNDICE DE FORMA (para pedra britada e pedrisco):
<input type="checkbox"/> Lamelar <input type="checkbox"/> Equidimensional <input type="checkbox"/> Alongada <input checked="" type="checkbox"/> Não se aplica
PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS:
<input checked="" type="checkbox"/> Rocha muito coerente <input type="checkbox"/> Rocha Coerente <input type="checkbox"/> Rocha pouco coerente <input type="checkbox"/> Rocha friável

<b>CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS:</b>			
COR: Escuro, alternância de porções claras e escuras			
<b>ESTRUTURA:</b>			
<input type="checkbox"/> Maciça <input checked="" type="checkbox"/> Foliada <input type="checkbox"/> Bandada <input type="checkbox"/> Outra: _____			
Composição mineralógica			
Principal:	Subordinada:	Deletérios	
K-feldspato	Clorita	<input type="checkbox"/> Opala	<input type="checkbox"/> Clorofeita
Quartzo	Zircão	<input type="checkbox"/> Calcedônia	<input type="checkbox"/> Zeólita
Plagioclásio	Apatita	<input type="checkbox"/> Vidro vulcânico	<input checked="" type="checkbox"/> Quartzo deformado
Biotita		<input type="checkbox"/> Vidro detriticado	<input checked="" type="checkbox"/> Quartzo
Mica branca		<input type="checkbox"/>	microgranular
Hornblenda			
Opaco			
Epidoto			
Outros: _____			
<b>ESTIMATIVA PARA CADA FASE</b>			
<input type="checkbox"/> <1% <input type="checkbox"/> 1% a 5% <input checked="" type="checkbox"/> >5% <input type="checkbox"/> ausente			
<b>TEXTURA:</b>			
<b>GRANULAÇÃO:</b>			
<input type="checkbox"/> Grossa (3cm e 5cm) <input checked="" type="checkbox"/> Média (5mm e 1mm) <input type="checkbox"/> Fina(<1mm)			
<b>ESTADO DE ALTERAÇÃO:</b>			
<input type="checkbox"/> Rocha sã <input type="checkbox"/> Rocha pouco alterada <input checked="" type="checkbox"/> Rocha alterada			
Observações: _____			
<b>QUARTZO: ÂNGULO EXTINÇÃO ONDULANTE:</b>			
<input type="checkbox"/> <15° <input checked="" type="checkbox"/> 15° a 30° <input type="checkbox"/> >30° <input type="checkbox"/> Não se aplica			
<b>PORCENTAGEM DE QUARTZO MICROGRANULAR:</b>			
<input type="checkbox"/> <5% <input type="checkbox"/> 5% a 15% <input type="checkbox"/> >15% <input type="checkbox"/> Não se aplica			
<b>FELDSPATOS- Texturas potencialmente reativas:</b>			
<input type="checkbox"/> Mirmequita (quartzo vermiforme) <input type="checkbox"/> Pertita em chama <input type="checkbox"/> Não se aplica			
<b>GRANULAÇÃO DA MATRIZ/CIMENTO (PARA ROCHAS SEDIMENTARES):</b>			
<input type="checkbox"/> >1mm <input type="checkbox"/> 1mm a 0,2mm <input type="checkbox"/> <0,2mm <input type="checkbox"/> Não se aplica			
<b>MICROFISSURAÇÃO:</b>			
<input type="checkbox"/> Ausente ou fraco <input checked="" type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Não se aplica			
<b>TIPO DE ROCHA:</b>			
<input type="checkbox"/> Ígnea <input type="checkbox"/> Sedimentar <input checked="" type="checkbox"/> Metamórfica			
<b>CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA:</b>			
<b>REATIVIDADE POTENCIAL ÁLCALI-AGREGADO:</b>			
<input type="checkbox"/> Potencialmente inócuo <input checked="" type="checkbox"/> Potencialmente reativo			