



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ  
TECNOLOGIA EM MINERAÇÃO  
CAMPUS MACAPÁ

ELIZANGELA AZEVEDO DA SILVA  
ELLEN CRISTINA AZEVEDO DE ARAÚJO

**CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA, GEOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DA  
DIATOMITA DE ITAUBAL, AMAPÁ.**

MACAPÁ  
2026

ELIZANGELA AZEVEDO DA SILVA  
ELLEN CRISTINA AZEVEDO DE ARAÚJO

**CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA, GEOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DA  
DIATOMITA DE ITAUBAL, AMAPÁ.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
coordenação do Curso Superior de Tecnologia em  
Mineração como requisito avaliativo para obtenção  
do título de Tecnólogo em Mineração.  
Orientador: Me. Sandro Rogério Balieiro de Souza.  
Coorientadora: Ma. Lidia Dely Alves de Sousa.

MACAPÁ  
2026

Biblioteca Institucional - IFAP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

S586c Silva, Elizangela Azevedo da  
Caracterização mineralógica, geológica e físico-química da diatomita de Itaubal, Amapá / Elizangela Azevedo da Silva, Ellen Cristina Azevedo de Araujo. - Macapá, 2026.  
60 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Macapá, Tecnologia em Mineração, 2026.

Orientador: Sandro Rogério Balieiro de Souza.  
Coorientador: Lidia Dely Alves de Sousa.

1. Caracterização da diatomita no Norte do Brasil. 2. Rio Piririm, Itaubal, Amapá. 3. Rocha sedimentar silicosa. I. Araujo, Ellen Cristina Azevedo de. I. Souza, Sandro Rogério Balieiro de, orient. II. Sousa, Lidia Dely Alves de, coorient. III. Título.

ELIZANGELA AZEVEDO DA SILVA  
ELLEN CRISTINA AZEVEDO DE ARAÚJO

**CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA, GEOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DA  
DIATOMITA DE ITAUBAL, AMAPÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
coordenação do curso Tecnologia em Mineração  
como requisito avaliativo para obtenção do título  
de Tecnólogo em Mineração.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente



**SANDRO ROGERIO BALIEIRO DE SOUZA**

Data: 25/02/2026 19:28:13-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Me. Sandro Rogério Balieiro de Souza (Orientador)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Documento assinado digitalmente



**LIDIA DELY ALVES DE SOUSA**

Data: 05/03/2026 21:27:04-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profa. Me. Lídia Dely Alves de Sousa (Coorientadora)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Documento assinado digitalmente



**MOACIR MEDEIROS VERAS**

Data: 04/03/2026 21:34:07-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Moacir Medeiros Veras

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Documento assinado digitalmente



**JEFFERSON GONCALVES FARIAS**

Data: 25/02/2026 22:46:25-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Esp. Jefferson Gonçalves Farias

Agência Nacional de Mineração do Piauí

Apresentado em: 12/02/2026.

Conceito/Nota: 8,7

## RESUMO

A caracterização da diatomita proveniente de Itaupal, no estado do Amapá, foi realizada por meio de ensaios experimentais e análise bibliográfica, empregando técnicas instrumentais como Fluorescência de Raios X (FRX) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). As amostras de mão da diatomita amapaense foram previamente peneiradas em 100 mesh e submetidas à calcinação a 1000 °C, permitindo a avaliação de sua composição química e morfológica. Os resultados indicaram que essa rocha sedimentar biogênica é constituída predominantemente por sílica, do tipo amorfa, elemento que confere propriedades de alta pureza e estabilidade. As principais impurezas identificadas foram dióxido de ferro, dióxido de titânio e compostos de enxofre, presentes em concentrações menores, mas relevantes para a caracterização mineralógica. A análise morfológica revelou uma estrutura navicular típica das frústulas de diatomáceas, característica que favorece sua aplicação tecnológica. Em função dessas propriedades, a diatomita de Itaupal apresenta potencial para utilização como auxiliar de filtração em processos industriais, além de servir como carga mineral em diferentes segmentos produtivos, destacando-se como um recurso natural de valor econômico e científico para a região.

Palavras-chave: Rocha sedimentar biogênica; sílica amorfa; auxiliar de filtração; carga industrial.

## ABSTRACT

La caracterización de la diatomita proveniente de Itaubal, en el estado de Amapá, se llevó a cabo mediante ensayos experimentales y análisis bibliográfico, empleando técnicas instrumentales como Fluorescencia de Rayos X (FRX) y Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). Las muestras de diatomita amapaense fueron previamente tamizadas con un tamiz de 100 mallas y sometidas a calcinación a 1000 °C, lo que permitió evaluar su composición química y morfológica. Los resultados indicaron que esta roca sedimentaria biogénica está constituida predominantemente por sílice, del tipo amorfa, elemento que le otorga propiedades de alta pureza y estabilidad. Las principales impurezas identificadas fueron dióxido de hierro, dióxido de titanio y compuestos de azufre, presentes en concentraciones menores, pero relevantes para la caracterización mineralógica. El análisis morfológico reveló una estructura navicular típica de las frústulas de diatomeas, característica que favorece su aplicación tecnológica. En función de estas propiedades, la diatomita de Itaubal presenta potencial para su uso como auxiliar de filtración en procesos industriales, además de servir como carga mineral en diferentes segmentos productivos, destacándose como un recurso natural de valor económico y científico para la región.

Keywords: Roca sedimentaria biogénica; sílice amorfa; auxiliar de filtración; carga industrial.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fluxograma adaptado por Lira Júnior (p. 26, 2016).	34
Figura 2	Foto do Rio Piririm no município de Itaubal-AP.	41
Figura 3	Mapa de localização, situação e acesso, balneário Sá, no município de Itaubal-AP.	41
Figura 4	Mapa geológico de Itaubal-AP.	42
Figura 5	Poligonais com a extensão do Rio Piririm - AP e a consequente confirmação da existência de terras diatomáceas.	43
Figura 6	Mapa de localização de amostras do relatório de análise físico-química presente no processo ANM.	44
Figura 7	Depósito de diatomita próximo ao Rio Piririm-AP.	45
Figura 8	Pesagem das amostras de diatomita in natura e secas a 105 °C.	48
Figura 9	Amostras de diatomita bruta, calcinada com impurezas na coloração rosada e cinza, respectivamente.	49
Figura 10	Peneiramento a seco com auxílio de pincel de cerdas	50
Figura 11	Estrutura navicular da diatomita amapaense exibidas por micrografia eletrônica.	51
Figura 12	Representação gráfica do quadro comparativo de dióxido de silício das 10 amostras constantes no quadro 11 com o resultado do FRX feito no UFRN.	55
Figura 13	Print das amostras presentes no relatório de análise de materiais por FRX.	56

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Quadro 1 - Depósitos lacustres marinhos e continentais de Moyle e Dolley (2003) adaptado, segundo Bermudez C e Cárdenas A, (2021), traduzido do espanhol pelas autoras.	16
Quadro 2	Quadro 2 - Conjunto de características do diatomito (adaptado).	24
Quadro 3	Quadro 3 - Comparação das análises químicas de diatomitas de depósitos específicos no Brasil e no Peru, adaptado.	28
Quadro 4	Quadro 4 - Variações aceitáveis para auxiliar de filtração de altas e baixas vazões e para carga industrial.	29
Quadro 5	Quadro 5 - Pontos de amostragem em coordenadas geográficas.	44
Quadro 6	Quadro 6 - Propriedades físicas da diatomita de acordo com as especificações da indústria mexicana.	46
Quadro 7	Quadro 7 - Análises das propriedades químicas de 10 amostras da diatomita de Itaubal-AP realizadas pela empresa Diatomita Nacional, pelo Químico Responsável Carlos Rener do Nascimento, datado de 20/06/2017, adaptado.	47
Quadro 8	Quadro 8 - Densidade e perda ao fogo dos pontos de sondagens 1 ao 10 das amostras de diatomita de Itaubal-AP.	47
Quadro 9	Quadro 9 - Resultado da perda de umidade de duas amostras de diatomitas de Itaubal-AP.	48
Quadro 10	Quadro 10 - Resultados da fluorescência de raios X das composições químicas da diatomita de Itaubal-AP.	52
Quadro 11	Quadro 11 - Análises das propriedades físicas das 10 amostras de diatomita de Itaubal-AP, presentes em conjunto com a análise química fornecida pela empresa Diatomita Nacional e assinada pelo químico responsável Carlos Rener do Nascimento, datado de 20/06/2017, adaptado.	54
Quadro 12	Quadro 12 - Análise comparativa dos resultados de FRX com as análises feitas por Carlos Rener do Nascimento.	54
Quadro 13	Quadro 13 - Relatório de análise de materiais, resultado da análise química semiquantitativa das amostras AM-01 a AM-05, juntado e adaptado.	55

## LISTA DE SIGLAS

ANM	Agência Nacional de Mineração
AP	Amapá
FRX	Fluorescência de raio X
IFAP	Instituto Federal do Amapá
MEV	Microscopia de varredura eletrônica
SGB	Sistema Geológico do Brasil
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivo específico</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>ASPECTOS GERAIS DA DIATOMITA</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Aspecto geológico da diatomita</b>	<b>15</b>
<b>3.2</b>	<b>Aspecto mineralógico da diatomita</b>	<b>20</b>
<b>3.3</b>	<b>Aspecto físico da diatomita</b>	<b>22</b>
<b>3.4</b>	<b>Aspecto químico da diatomita</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>LAVRA E PROCESSAMENTO DA DIATOMITA</b>	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>Lavra da diatomita</b>	<b>31</b>
<b>4.2</b>	<b>Processamento da diatomita</b>	<b>32</b>
<b>4.3</b>	<b>Produto final</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>36</b>
<b>5.1</b>	<b>Pesquisa bibliográfica e confecção de mapas</b>	<b>36</b>
<b>5.2</b>	<b>Coleta e preparação da amostra</b>	<b>37</b>
<b>5.3</b>	<b>Fluorescência de raio X e microscopia de eletrônica de varredura</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>39</b>
<b>6.1</b>	<b>Geologia da área de trabalho</b>	<b>39</b>
<b>6.2</b>	<b>Análise física da diatomita amapaense</b>	<b>46</b>
<b>6.3</b>	<b>Caracterização química-mineralógica da diatomita de Itaubal-AP</b>	<b>49</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>58</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>60</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A diatomita é um recurso mineral de origem biogênica, formada a partir da deposição de frústulas de diatomáceas ao longo de milhares de anos. Esse material é amplamente reconhecido por sua elevada porosidade, baixa densidade e predominância de sílica em sua composição, características que lhe conferem grande versatilidade em aplicações industriais, especialmente como auxiliar de filtração, carga mineral e insumo em processos de purificação. No Brasil, depósitos de diatomita ocorrem em diferentes regiões, mas ainda são pouco explorados em termos de caracterização detalhada e aproveitamento tecnológico.

O município de Itaubal, localizado no estado do Amapá, apresenta ocorrências naturais de diatomita que despertam interesse científico e econômico. A caracterização desse recurso é fundamental para avaliar seu potencial de uso e contribuir para o desenvolvimento regional, uma vez que a exploração racional de minerais pode gerar alternativas sustentáveis de emprego e renda.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar amostras de diatomita provenientes de Itaubal por meio de ensaios experimentais e análise bibliográfica, utilizando técnicas instrumentais como Fluorescência de Raios X (FRX) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). A investigação busca identificar a composição química, a morfologia e as principais impurezas presentes, fornecendo subsídios para futuras aplicações industriais e acadêmicas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O intuito deste estudo é caracterizar a substância mineral diatomita que ocorre no município de Itaubal, no estado do Amapá, às margens do Rio Piririm, mais especificamente no local denominado balneário do Sá, nos seus aspectos físico-químicos, geológicos e mineralógicos.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Identificar o ambiente geológico de formação da diatomita.
- Realizar a caracterização mineralógica da diatomita de Itaubal-AP.
- Determinar a caracterização físico-química da diatomita de Itaubal.
- Expor a lavra e o processamento mineral da diatomita.
- Comparar os resultados obtidos com outros trabalhos previamente existentes, como os relatórios de análises físico-químicas anexados ao processo ANM nº 858.112/2017, que tratam especificamente sobre a diatomita de Itaubal-AP.

### 3 ASPECTOS GERAIS DA DIATOMITA

A diatomita é uma rocha sedimentar do tipo biogênica composta principalmente por fósseis (esqueletos, carapaças) de algas diatomáceas (ser vivo), amplamente usada na indústria de vários segmentos devido suas propriedades físico-químicas únicas (Breese, 1994 citado por França e outros, 2008).

Esse produto mineral, também chamado de terra de diatomáceas, é composto por organismos considerados plantas sem flores, o qual todos os seus gêneros e espécies possuem a capacidade de extrair sílica de seu habitat aquático. Com essas extrações, forma uma carapaça que consiste principalmente de sílica amorfa precipitada biologicamente, resultante da fossilização de organismos fitoplânctons. (Bedoya, p. 56 e 57, 2003, tradução do espanhol feita pelas autoras).

Quando existem condições favoráveis ao crescimento desses fitoplânctons, e após a morte e acúmulo no fundo, formam-se depósitos de valor comercial de diatomita, constituídos tanto pelas carapaças quanto pela lama resultante das diatomáceas (Bedoya, p. 61, 2003).

Ainda, segundo Bedoya (p. 61, 2003), o crescimento do fitoplâncton (diatomáceas) depende das correntes frias que sobem à superfície, transportando nutrientes essenciais — como nitrogênio, fósforo e oxigênio — das camadas profundas da bacia. Quando esses elementos alcançam a região onde ocorre a fotossíntese, desencadeiam uma intensa multiplicação da vida orgânica, caracterizada como um processo bioquímico.

Por conta das características das frústulas, os depósitos de diatomito com relevância industrial precisam estar preservados, sem terem sido submetidos a processos de metamorfismo regional ou modificações químicas (Bedoya, p. 61, 2003).

Lira Júnior (p. 28, 2016) entende que a diatomita é um recurso amplamente disponível em diferentes regiões do mundo e apresenta baixo custo. Sua composição contém aproximadamente 70 a 90% de silício, elemento que possibilita aplicações variadas, incluindo processos de filtração, uso como carga industrial, produção de tintas e também na indústria farmacêutica.

#### 3.1 Aspecto geológico da diatomita

Breese (1994), citado por França e outros (2008), informa que os depósitos de diatomita existem desde o período pré-cambriano. O que em outras palavras pode ser

entendido como desde o surgimento do planeta Terra. Contudo, os depósitos explorados comercialmente são geralmente mais recentes, datando a partir do período Terciário (Mioceno em diante). No Brasil, os depósitos datam principalmente da era Cenozóica.

Há registros de rochas diatomíticas em várias regiões do mundo, como Estados Unidos, México e Peru, por exemplo. Assim como em várias regiões do Brasil, como os depósitos da Bahia e do Rio Grande do Norte (França et al., 2008).

A diatomita pode se originar em dois tipos de ambientes: continental e marinho. No meio continental, apesar da existência de depósitos fluviais, os mais relevantes são de origem lacustre, geralmente localizados em regiões vulcânicas ligadas a eventos geológicos que formam bacias de drenagem sem aporte de sedimentos. Já nos ambientes marinhos, sua ocorrência se estende desde áreas profundas até a plataforma continental. Contudo, como a preservação das diatomáceas depende da proximidade da costa, da disponibilidade de luz e de nutrientes, os depósitos viáveis ficam restritos às zonas entre 100 e 200 metros de profundidade (Barrón, 1987, citado por Bermudez C. e Cárdenas A., 2021).

Os depósitos marinhos costumam se formar ao longo das margens continentais, em bacias e plataformas costeiras submersas. Nesses locais, as correntes de contorno, movidas pela ação dos ventos, favorecem processos de ressurgência que enriquecem a água com nutrientes, criando um ambiente estável para o desenvolvimento das diatomáceas. Essa estabilidade está ligada a fatores como temperatura, salinidade, pH, disponibilidade de nutrientes e dinâmica das correntes. Em contrapartida, os ambientes continentais (lacustres, fluviais) apresentam grandes variações nessas condições (Moyle e Dolley, 2003 apud Bermudez C e Cárdenas A, 2021). Embora diferentes espécies de diatomáceas possam se adaptar a águas fluviais, marinhas e lacustres, poucas delas são comuns a todos esses ecossistemas (García et al., 2013 citado por Bermudez C e Cárdenas A, 2021).

O quadro 1 apresenta um comparativo de formação dos depósitos marinhos (água salgada) e continentais (água doce ou salobra - pouca salinidade) de Moyle e Dolley (2003 citado por Bermudez C e Cárdenas A, 2021).

Quadro 1 - Depósitos lacustres marinhos e continentais de Moyle e Dolley (2003) adaptado, segundo Bermudez C e Cárdenas A, (2021), traduzido do espanhol pelas autoras.

<b>Fator</b>	<b>Depósitos marinhos</b>	<b>Depósitos continentais - lacustres</b>
<b>Habitat</b>	Predominantemente formas planctônicas, com menor número de formas bentônicas; as formas bentônicas são raras em sedimentos de águas profundas.	Formas planctônicas e bentônicas em lagos, mas as formas planctônicas são dominantes. As formas bentônicas são dominantes em riachos e solos.

	Existem, no total, 20.000 táxons marinhos e de água doce em todo o mundo. Estima-se que cerca de 1.000 espécies de água doce sejam comuns nesses ambientes; entre 10 e 30% das espécies lacustres são endêmicas.	
	Principalmente margens continentais com ciclos de ressurgência, correntes ricas em nutrientes e correntes superficiais que dispersam água pobre em nutrientes nos 100-200 m superiores; também plâncton de águas profundas.	Principalmente sistemas lacustres de pequeno porte associados ao vulcanismo que represa sistemas fluviais para formar lagos; eles requerem um suprimento contínuo de água doce rica em nutrientes e sílica em lagos de baixa alcalinidade. Eles também ocorrem em sistemas fluviais de fluxo lento, lagoas, pântanos e solos.
	Estenohalina.	Eurialino; não excessivamente alcalino.
	Temperatura estável, salinidade, pH, nutrientes e correntes de água.	Grande variação de temperatura, salinidade, pH, nutrientes e correntes de água.
<b>Ambiente deposicional</b>	Alta produtividade de diatomáceas; longa duração; diluição clástica e biogênica mínima; a coluna d'água permite que as diatomáceas cheguem ao fundo.	Alta produtividade de diatomáceas; longa vida útil, porém mais curta que a marinha; diluição clástica e biogênica mínima; vulcanismo periódico.
<b>Diluição</b>	Diluição por sedimentos terrígenos próximos às margens continentais ou por formas biogênicas, como radiolários, durante a deposição.	Diluição pela introdução de excesso de sedimentos clásticos e cinzas vulcânicas nas bacias.
<b>Diagênese e conservação</b>	A cobertura limitada de sedimentos marinhos compacta e remove a água, e a lixiviação remove o excesso de matéria orgânica, aumentando assim a qualidade. A compactação excessiva pode esmagar as frústulas, e o soterramento mais profundo (>600 m, >50 °C) pode recrystalizar a sílica.	Sedimentos clásticos limitados ou uma cobertura vulcânica compacta removem a água, e a lixiviação remove o excesso de matéria orgânica, aumentando a qualidade. A compactação excessiva pode esmagar as frústulas, e o soterramento mais profundo (>600 m, >50 °C) pode recrystalizar a sílica.
	A preservação deve-se principalmente à sílica presente nas frústulas. Além disso, a cobertura de sedimentos marinhos mais recentes protege o depósito de diatomáceas quando este é erguido e exposto ao intemperismo e à erosão.	A preservação deve-se principalmente à sílica das frústulas. Além disso, a cobertura por sedimentos terrígenos ou fluxos vulcânicos protege o depósito de diatomita do intemperismo e da erosão.
<b>Período geológico</b>	Do Cretáceo Inferior ao Holoceno.	Do Eoceno ao Holoceno.
<b>Período de deposição ideal</b>	Mioceno.	Mioceno, especialmente o Mioceno Médio.

Fonte: Identificación, caracterización y agregación de valor de la diatomita presente en la Formación Tilatá en el municipio de Tuta-Boyacá, para su aplicación en el campo de la nanotecnología (2021).

Segundo Bedoya (p. 61, 2003), ao descrever o depósito de Tacna, no Peru, o depósito observado se enquadra em depósito lacustre e é caracterizado pela composição de acumulações argilo-arenosas, siltes, finas camadas de conglomerados finos (que permitiu a estratificação em camadas muito finas) e um notável desenvolvimento de diatomáceas que proliferaram em um ambiente lacustre raso com águas calmas e ricas em sílica. O lago era raso, com água limpa e condições ecológicas favoráveis ao crescimento de diatomáceas.

Esse depósito possuía uma cobertura de material quaternário que variava de 0,20 m a 3,00 m, sendo esta última espessura encontrada na fronteira com o Chile. O depósito tinha uma espessura máxima aproximada de 6 a 8 m (Bedoya, p. 61, 2003).

Em Tacna (Peru), o depósito teve origem no acúmulo de frústulas ou conchas siliciosas das diatomáceas, que, ao término de seu ciclo vital, se depositaram no fundo da bacia. Esse processo gerou estratos de diferentes espessuras, com pequenas intercalações de siltitos e areias, configurando um recurso característico de formação sedimentar biogênica (Bedoya, p. 61, 2003).

Ainda, segundo Bedoya (p. 61, 2003), as condições ambientais ideais para o desenvolvimento das diatomáceas — e, conseqüentemente, para a formação de depósitos de diatomita com valor comercial — incluem a presença de bacias amplas e pouco profundas, que possibilitem a realização da fotossíntese, não se limitando apenas a isso.

Veja que, um suprimento constante e abundante de sílica solúvel é essencial, geralmente proveniente de fases de intensa atividade vulcânica próximas à bacia, o que explica a maior ocorrência e desenvolvimento das diatomáceas no final do Terciário e no Quaternário. Além disso, é necessário um aporte elevado de nutrientes, a ausência de substâncias tóxicas e a ausência ou contribuição mínima de material clástico. (Bedoya, p. 61, 2003).

Sobre as condições do depósito, os ambientes de acumulação são aqueles que favorecem a deposição de esqueletos de opala, responsáveis por controlar a contaminação ou a degradação dos depósitos. Apesar de os depósitos marinhos, em geral, apresentarem maior qualidade e concentrarem mais recursos devido à sua ampla extensão e espessura, a maioria das ocorrências de diatomita conhecidas mundialmente tem origem lacustre (Moyle e Dolley, 2003 citado por Bermudez C e Cárdenas A, 2021). Para que haja crescimento e sedimentação, é necessário o cumprimento de pelo menos cinco condições: 1 Existência de grandes bacias rasas (com cerca de 35 m de profundidade); 2 Disponibilidade abundante de sílica solúvel; 3

Suprimento elevado de nutrientes, como fosfatos e nitratos; 4 Ausência de substâncias tóxicas ou inibidoras do crescimento na água; 5 Presença mínima de materiais clásticos sedimentares.

Após a deposição, processos de consolidação, eventos tectônicos e erosão parcial contribuem para a configuração final da forma do depósito (Instituto Geológico e Mineiro da Espanha, 1976, citado por Bermudez C e Cárdenas A, 2021).

A litologia dos depósitos brasileiros de diatomita possui variedade significativa quanto à idade geológica, como observado nas ocorrências da Bahia, Rio Grande do Norte e Amapá, como é possível notar dos dados do Sigmine/ANM (Governo Federal, 2025) e também pelo histórico de extração e processamento de diatomita nos estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia, além das variadas formas estruturais das algas diatomáceas, não se limitando, por exemplo, apenas ao formato navicular (França e outros, 2008).

E conforme já explicitado, a diatomita é uma rocha sedimentar. E segundo Klein (p. 2, 2019) o que caracteriza a rocha ser sedimentar é que elas se originam por meio da sedimentação – processo caracterizado pela deposição de sedimentos em áreas deprimidas, conhecidas como bacias sedimentares. Nessas bacias, conforme as condições ambientais e a profundidade, o peso dos sedimentos acumulados, aliado à circulação de fluidos, promove sua compactação e cimentação (Klein, 2019).

A transformação dos sedimentos (inconsolidados) em rochas sedimentares (firmes) recebe o nome de diagênese (Carneiro; Gonçalves; Lopes, 2009; Gonçalves; Carneiro, 2007, citado por Klein, 2019). Dessa forma, as rochas sedimentares resultam da deposição e da diagênese de materiais derivados de outras rochas, de origem biogênica ou da precipitação química de minerais. Entre elas, Klein (2019) destaca o calcário e os diatomitos, que se formam por processos químicos e bioquímicos.

Segundo Klein (p. 5, 2019), as rochas sedimentares se formam pela consolidação de sedimentos oriundos da fragmentação e transporte de rochas anteriores, da precipitação de compostos químicos ou da ação de organismos vivos. A transformação desses sedimentos em rocha acontece após sua deposição, podendo envolver diversos processos químicos, como dissolução, precipitação, oxidação, redução e recristalização. Também podem ocorrer processos físicos, chamados de diagenéticos, geralmente associados a baixas pressões e temperaturas. Entre os mais comuns estão a cimentação, a compactação e a autigênese.

De acordo com o site do Serviço Geológico do Brasil - SGB (2014), o ciclo sedimentar envolve processos de intemperismo físico, químico e biológico (este é o menos atuante dos três). O intemperismo compreende a ação conjunta da erosão — provocada por

águas correntes, ventos, geleiras, organismos vivos e pela gravidade, que fragmentam as rochas —, do transporte e da deposição. Os detritos resultantes da erosão podem ser deslocados e acumulados em outros locais, onde, ao longo de milhões de anos, dão origem às rochas sedimentares.

Segundo Nascimento e outros (2023), as rochas sedimentares se dividem em três categorias: clásticas, químicas e biogênicas. As biogênicas, também chamadas de orgânicas, resultam da deposição e posterior diagênese de restos de organismos, como ocorre nos depósitos de carvão e coquinas.

A diagênese, segundo o glossário geológico do SGB (Winge, 2018) corresponde ao conjunto de processos geológicos de baixa temperatura — físicos, químicos e biológicos — que ocorrem após a deposição dos sedimentos. Entre eles estão a desidratação, cimentação, compactação, dissolução e reações minerais, os quais, em geral, resultam na transformação dos sedimentos em rochas sedimentares, processo conhecido como litificação.

O nome “diatomita” segue o padrão do uso de sufixos -ita/-ito usado em nomenclaturas dentro da geologia para a denominação de rochas e minerais, como exemplificado em: albita, calcita, cassiterita, magnetita, pegmatito, etc (Pletsch, p. 60, 2012, que segundo Krieger e Finatto (2004, p. 81 citado por Pletsch, p. 11, 2012), a análise de componentes dos termos linguísticos como radical (grego e latino), prefixos e sufixos permite o reconhecimento da formação lexical típica de diferentes áreas.

### **3.2 Aspecto mineralógico da diatomita**

Quanto à mineralogia, a diatomita, como já mencionado, tem como composto químico predominante a sílica do tipo amorfa. Segundo o glossário do SGB (Winge, 2018), o diatomito possui sinônimos como: kieselguhr, terra ou vasa de diatomáceas. É definida como uma rocha sedimentar silicosa de origem biogênica, caracterizada por sua textura extremamente fina e formada principalmente por restos microscópicos das carapaças de diatomáceas. Essas diatomáceas são algas unicelulares de hábito planctônico, recobertas por uma carapaça de sílica hidratada e opalina. Embora sejam mais comuns em ambientes marinhos, depósitos significativos também podem ser encontrados em bacias sedimentares de água doce. Devido à sua elevada capacidade de absorção de líquidos, o diatomito possui grande valor comercial, sendo utilizado em diferentes aplicações, como na aceleração de determinadas reações químicas.

A sílica é quimicamente representada pela junção dos elementos químicos silício (Si, número atômico 14, família dos carbonos) e 2 átomos de oxigênio (O, número atômico 8, família dos calcogênios, nesse caso O<sub>2</sub> - gás oxigênio, encontrado na natureza), formando o SiO<sub>2</sub> (dióxido de silício).

A palavra amorfo(a) é descrita pelo glossário geológico do SGB (2018) como sendo equivalente a “sem forma”, e é conceituada como uma “substância sólida sem forma cristalina como os mineralóides e substâncias não-cristalinas” (Winge, 2018).

Conforme França et al. (2008) expôs, a diatomita ocorre em formações de camadas, que podem ser finas ou espessas, intercaladas por lentes de argila em ambientes aquosos restritos. Normalmente, apresenta impurezas como matéria orgânica, quartzo, carbonatos de cálcio e magnésio, caulinita, óxidos de ferro, entre outras. Apesar de estar presente em várias regiões do mundo, não existem registros de depósitos com elevado grau de pureza.

Pode ser encontrado junto a diatomita outros compostos químicos como a presença de minerais secundários (quartzo, argilas, mica e calcita). Esses contaminantes podem afetar adversamente as propriedades e o valor comercial do mineral, exigindo processos de beneficiamento para sua remoção (França e outros, 2008).

As diatomitas quando associadas a outros minerais como argilas pode ser denominada de terra diatomácea, ou marga diatomácea se associada ao calcário (França e outros, 2008, adaptado).

Dependendo da origem do depósito ela é encontrada associada a diversos óxidos como a alumina, de ferro 3, etc. (França et al., 2008). Estes compostos químicos são impurezas que, dependendo de onde é empregada, podem influenciar significativamente a coloração e até o gosto de alimentos e fármacos. Segundo Reka e outros (p. 456, 2021), as impurezas presentes na diatomita atuam no sentido de reduzir a temperatura de cristalização do opala em cristobalita em cerca de 100 °C.

Segundo Bermudez C e outra (2021), nos últimos anos, a utilização desse material geológico mostrou-se altamente vantajosa, já que seu processamento não exige insumos dispendiosos nem equipamentos complexos. O destaque está nas frústulas, que constituem uma fonte de nanomateriais de sílica com ampla variação dimensional. Essa diversidade decorre das diferenças morfológicas entre espécies, oferecendo grande flexibilidade na seleção da mais adequada para atender a requisitos específicos na produção de nanocompósitos tridimensionais (Mishra et al., 2017 citado por Bermudez C, p. 56, 2021).

O estudo em Tacna permitiu a observação de frústulas de diatomáceas em abundância, das quais 50% estavam inteiras, 20% estavam fracionadas e os 30% continham outros elementos. Através da análise diatomológica, pode-se afirmar quais formas as diatomáceas de Tacna apresentavam, no caso: alongadas, lanceoladas, elípticas e fusiformes.

A diatomita quando calcinada em altas temperaturas, segundo Reka e outros (p. 456, 2021), como entre 1.000 e 1.100 °C, pode-se observar uma modificação expressiva da fase amorfa, culminando em uma transição sólido-sólido para cristobalita, a qual se manteve inalterada/estável em 1.200 °C.

### **3.3 Aspecto físico da diatomita**

Segundo Bedoya (2003), as propriedades físicas e químicas da diatomita são responsáveis pela purificação e/ou classificação de alguma etapa do processo de produção de bebidas e alimentos ingeridos pela humanidade.

A diatomita possui características físicas bem definidas, como a “baixa densidade aparente e elevados valores de porosidade e área superficial” (Breese, 1994 apud França et al., 2008), além da “alta abrasividade, alta capacidade de absorção, inércia química, propriedade isolante e alvura” (França et al., 2008).

As características físicas da diatomita podem ser explicadas assim:

- Baixa densidade aparente: a calcinação provoca a diminuição da área superficial da diatomita, resultado da destruição de sua estrutura fina e da formação de aglomerados de partículas, especialmente quando se utiliza o fluxante carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Nesse processo, a densidade aparente aumenta de 2,0 para 2,3, enquanto a área superficial sofre uma redução significativa, passando de valores entre 10 e 30  $\text{m}^2/\text{g}$  para apenas 0,5 a 5,0  $\text{m}^2/\text{g}$ , devido à aglomeração das partículas (BREESE, 1994 citado por França e outros, 2008).

Essa característica está naturalmente relacionada com a carapaça fossilizada das diatomáceas que são constituídas de um “material leve, poroso e com estrutura alveolar” (França e outros, 2008). A delicada e porosa estrutura dos esqueletos das diatomáceas confere ao material baixa densidade e elevada área superficial, além de grande porosidade e permeabilidade. Essas características explicam sua alta eficiência quando empregada como meio auxiliar de filtração (França e outros, p. 457, 2008).

A leveza permite a diatomita flutuar na água, desde que não esteja saturada dela (SGB, 2025). Quando associado a coloração branca são empregados em “fins industriais mais nobres” (França e outros, 2008).

A baixa densidade é usada como aditivo pozolânico e no fabrico de embalagens especiais (CETEM, 2002). Essa baixa densidade junto com a baixa condutividade é aplicada em materiais da construção civil (como tijolos) e em isolamentos térmicos, elétricos e acústicos, como fornos, caldeiras e estruturas (Costa e outros, 2021).

Em um estudo realizado por Costa e outros (2021), os autores concluíram que a baixa densidade juntamente com a leveza e a porosidade aumentaram a área superficial específica do geopolímero estudado comparado com as pastas à base de metacaulim, o que “contribuiu para o aumento nos valores a resistência à compressão, devido a maior reatividade da diatomita com a solução ativadora (silicato de potássio + hidróxido de potássio), pois a mesma possui grande quantidade de sílica reativa”.

Quando da aplicação dessa característica em cimentos Portlands, os autores Menegon e Neves Jr (2018) calcularam a quantidade de água absorvida pelo material, o qual concluíram que: “quanto maior o valor  $a/mc$ , menor a resistência. Já na calorimetria a diatomita saturada, retardou a liberação de água nas reações de hidratação, reduzindo desta forma o calor e a energia acumulada”.

Nos estudos de Oña-Chaves (2024), os resultados evidenciaram que, à medida que a proporção de diatomita aumenta, ocorre uma redução na densidade seca máxima, revelou uma menor eficiência na compactação do material. Paralelamente, verificou-se um acréscimo gradual no teor de umidade ótimo com a incorporação da diatomita.

Isso demonstrou que amostras de material com 5%, 10% e 15% de diatomita tendem a apresentar redução na capacidade de carga. Tal comportamento estava relacionado à alteração da matriz granular provocada pela presença do agregado de diatomitas. Assim, conforme a proporção do aditivo aumentava, a estrutura interna do material sofria modificações que comprometeram a coesão entre as partículas e a eficiência na transmissão e distribuição das cargas aplicadas (Oña-Chaves, 2024).

Ademais, por ser um material de baixa densidade e com elevada capacidade de absorção de água, a diatomita pode gerar vazios na massa granular, contribuindo para a diminuição da resistência do material. (Oña-Chaves, 2024).

Segundo Lira Junior (2016), em seus estudos sobre a diatomita do Rio Grande do Norte, a densidade aparente ficava entre 0,20 a 0,50 g/cm<sup>3</sup> e a densidade real da diatomita em

seu estudo ficou entre 0,19 a 0,22 g/cm<sup>3</sup>. “As propriedades da diatomita estão diretamente ligadas à morfologia das carapaças, textura, empacotamento, natureza da superfície da sílica e impurezas sólidas” (Souza, 2003 apud Braga, 2008, citado por Lira Júnior, 2016).

- Elevados valores de porosidade: essa característica é decorrente dos inúmeros poros existentes naturalmente nas frústulas das diatomáceas observadas, nesse estudo se tratava de carapaças intactas de formato cilíndrico e navicular. Esses poros foram descritos como circulares e elípticos, quando visualizados via microscopia eletrônica de varredura - MEV (Santos e outros, 2015).

Quadro 2 - Conjunto de características do diatomito (adaptado).

<b>Critérios Principais</b>		<b>Método de Avaliação</b>
Origem da sílica predominante	Biogênica	MEV e DRX
Grau de litificação (petrificação)	Alto/Indeformável	Pressão sob espátula
Porosidade	Alta (50-90%)	Porosimetria
Organismo gerador dos remanescentes	Diatomáceas	MEV
<b>Critérios secundários</b>		<b>Método de Avaliação</b>
Cristalização da sílica constituinte	Amorfa	DRX
Dureza	Baixa	Escala de Mohs
Fratuza	Irregular	Análise macroscópica
Brilho	Fosco	Análise macroscópica
Cor	Branca	Análise macroscópica

Fonte: Classificação da diatomita adotada pelo GLAD (*Global Lake Drilling Program*, elaborado por Schnurrenberger *et al.*, 2003) para sedimentos lacustres inconsolidados, segundo o quadro de critérios para classificação de rochas e sedimentos silicosos não clásticos o qual não diferencia pela denominação as rochas e os sedimentos marinhos dos continentes, usado pelo BGS (*British Geological Survey*, elaborado por Hallsworth & Knox, 1999), ambos se baseiam no ODP (*Ocean Drilling Program*, elaborado por Mazzullo *et al.*, 1990), conforme citação de Silva e outros (2004).

Observa-se do quadro 2 que a diatomita, em termos de classificação apresenta porosidade entre 50-90%, sendo enquadrada como alta. Cabe esclarecer que, segundo o glossário geológico do SGB (2018), a litificação é sinônima de petrificação e é conceituada como “processo de transformação de material friável, inconsolidado, principalmente sedimentar, em rocha maciça, podendo envolver vários processos como desidratação, compactação, cimentação, recristalizações, lateritização,...” (Winge, 2018).

Como anteriormente exposto, os elevados valores de porosidade podem ser associados a outras propriedades, como a baixa densidade aparente (já explicado) e a alta área superficial específica, esta última em sua forma original, conforme exposto por França *et al.*, 2008.

Pode também estar associada a alta capacidade de absorção e adsorção de líquidos pela carapaça da diatomita, a qual “possui a propriedade de absorver quatro vezes seu peso em água” (SGB, 2025). Sobre a utilização da adsorção de líquidos da diatomita, essa “sua capacidade de absorver líquidos faz do diatomito um componente em absorventes, como os usados em produtos de limpeza e em derramamentos de óleo” (Tainã, 2024, adaptado pelas autoras), como também em outros usos “como absorvente - em inseticidas e fungicidas, em pilhas elétricas, na dinamite, em líquidos catalisadores, explosivos e outros produtos, bem como na ocorrência de derramamentos de produtos tóxicos” (SGB, 2025).

Segundo Castellar-Ortega e outros (p. 2, 2025), entre os materiais cerâmicos com propriedades adsorventes, as diatomitas se destacam pelo interesse científico e tecnológico, principalmente por apresentarem baixa toxicidade. Isso ocorre porque são compostas majoritariamente por sílica amorfa, caracterizada por elevada porosidade e permeabilidade, baixa densidade e condutividade térmica, além de boa estabilidade química e mecânica.

No processo de adsorção, podem ser identificadas três etapas principais: i) a transferência do corante presente na solução para a superfície do adsorvente, caracterizada como difusão externa; ii) a penetração do corante nos poros do material, denominada difusão intrapartícula; e iii) a fixação do corante por meio de interações intermoleculares ou de ligações químicas (McKay e Allen, 1980, citado por Castellar-Ortega e outros, p. 10, 2025).

Segundo Fonseca e outros (p. 111-112, 2019, tradução livre do espanhol), a tortuosidade e a permeabilidade constituem parâmetros essenciais para caracterizar a complexidade estrutural de meios porosos na análise de processos de transporte. Sob a perspectiva teórica, conforme a equação de Kozeny-Carman e a lei de Archie, a permeabilidade está relacionada à porosidade, à geometria e à tortuosidade do meio. A tortuosidade, por sua vez, pode ser definida como a razão entre o trajeto efetivamente percorrido por um fluxo dentro do meio poroso e a espessura do material atravessado.

Nas cerâmicas, durante a sinterização, ocorre a eliminação da porosidade intergranular por meio da difusão atômica, à medida que a temperatura se eleva. Nesse processo, embora o tamanho dos poros aumenta com o avanço da sinterização, a porosidade total do material diminui. Como resultado, as cerâmicas, apesar de sua fragilidade, apresentam elevada resistência mecânica e térmica. (Fonseca e outros, 2019).

No estudo de Fonseca e outros (2019), foram apresentados dados de permeabilidade à água e de tortuosidade em cerâmicas mesoporosas produzidas a partir de argilas cauliniticas e terra diatomácea, submetidas à sinterização em temperaturas entre 800 °C e 1100 °C, com o

intuito de avaliar a influência da temperatura de queima nesses parâmetros. Para a análise da tortuosidade, ele utilizou um sistema automatizado capaz de medir o fator de forma (F), enquanto para a permeabilidade à água foi determinada por meio de um permeômetro de carga variável.

A composição das amostras do experimento de Fonseca e outros (2019) foi preparada com 60% de caulim, 30% de diatomita e 10% de carbonato de cálcio, em proporção em massa. A etapa de secagem ocorreu inicialmente à temperatura ambiente por 24 horas, sendo posteriormente realizada em estufa com circulação forçada de ar a 100 °C pelo mesmo intervalo de tempo. A queima das amostras foi conduzida em forno mufla elétrico, variando entre 800 °C e 1100 °C, com a finalidade de obter diferentes níveis de porosidade.

Fonseca e outros (2019) entende que a permeabilidade superficial de um material está diretamente relacionada a variáveis como sua porosidade, densidade, além da pressão e da temperatura do fluido.

- Coloração (alvura/brancura): a tonalidade da diatomita é um fator relevante, já que, em muitos casos, a coloração amarelada observada após a calcinação resulta da presença de minerais de ferro. Essas impurezas são indesejáveis nos processos, pois podem alterar o sabor dos alimentos (França e outros, p. 458, 2008).

Ainda segundo os mesmos autores (p. 461, 2008) na indústria de tintas, plásticos e cosméticos, as exigências quanto ao teor de minerais de ferro são mais rigorosas, pois o material de carga não deve interferir na cor do produto final.

Através de estudos micropaleontológicos feitos nas amostras de Tacna, a diatomita apresentou coloração branca, com granulometria fina, brilho mate (fosco) terroso, que reagiu com ácido clorídrico (Bedoya, 2003).

Ressalte-se que a coloração mate terrosa é vista a olho nu no local do jazimento da diatomita, já as demais colorações como a branca, cinza e creme são obtidas após o processo de calcinação, do qual a coloração creme representa a presença de óxidos de ferro; a coloração cinza, óxidos de alumínio e a coloração branca é a diatomita pura (SGB, 2008).

- Dureza: as partículas que compõem a diatomita possuem alta dureza (como por exemplo a do silício puro é de 7,0 na escala de Mohs), mas devido a alta porosidade da rocha em si é classificada como de baixa dureza (SGB, 2025). O processo de calcinação altera a dureza da diatomita, elevando-a de valores entre 4,5 e 5,0 para a faixa de 5,5 a 6,0 na escala de Mohs (França e outros, 2008).

- Umidade: a diatomita antes de calcinada (secada naturalmente), pode apresentar umidade entre 10% e 20% do seu peso, e ao ser combinada com barrilha ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) na proporção de 2% do seu peso, faz com que essa atuação como fundente, reduza o ponto de fusão da sílica, o que facilita a incorporação das impurezas e promove a aglomeração das partículas de diatomita (França et al., p. 457, 2008).

A diatomita em estado natural apresenta um teor de umidade entre 30% e 60%. Em regiões com condições climáticas adequadas, pode ser submetida à secagem ao sol antes do processamento, o que contribui para a diminuição dos custos de produção (França e outros, p. 455, 2008).

- Ponto de fusão: é considerado alto, variando de 1400 °C a 1650 °C, segundo o Sistema Geológico do Brasil (2025). Segundo Espinoza (2007), o ponto de fusão da diatomita exigida pela indústria mexicana deve ser entre 1.400° a 1750° C. Em altas temperaturas (calcinação), a sílica amorfa pode se transformar em sílica cristalina, alterando suas propriedades (França e outros, 2008).

### **3.4 Aspecto químico da diatomita**

Como já exposto, a diatomita é uma rocha de origem sedimentar formada pela acumulação de restos fossilizados de diatomáceas. E que cada uma dessas algas é composta por uma pequena porção de protoplasma envolvida por um esqueleto de sílica. Por serem organismos que vivem em suspensão, ao morrerem, descem até o fundo do ambiente aquático, onde sua parte orgânica se degrada, permanecendo apenas o esqueleto silicioso, que se deposita e dá origem ao material (Instituto Geológico e Mineiro de Espanha, 1976 citado por Bermudez C e Cárdenas A, 2021).

As características químicas da diatomita tem como componente essencial a sílica ( $\text{SiO}_2$ ), na forma amorfa, mas a caracterização exata da composição química do depósito varia com os tipos de impurezas presentes e do processamento realizado.

As impurezas costumam ser óxidos:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (de alumínio - alumina),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (de ferro III - férrico ou hematita),  $\text{CaO}$  (de cálcio),  $\text{MgO}$  (de magnésio),  $\text{Na}_2\text{O}$  (de sódio),  $\text{K}_2\text{O}$  (de potássio),  $\text{TiO}_2$  (de titânio), etc. (França e outros, 2008).

Lira Júnior (p. 28, 2016) observou que a diatomita usada como suporte catalítico apresentou limitações, no sentido de mesmo sendo calcinada (tratadas quimicamente) as

impurezas da diatomita permanecem presentes no argilomineral e com isso há a possibilidade de interferir nos resultados das análises.

Ao se observar as análises químicas de diatomitas de lugares diferentes do globo terrestre como, por exemplo, dos depósitos da Bahia (Brasil) e de Tacna (Peru), nota-se a presença de impurezas diversas e em quantidades diferentes.

Quadro 3 - Comparação das análises químicas de diatomitas de depósitos específicos no Brasil e no Peru, adaptado.

Brasil, diatomita calcinada para uso como carga industrial.		Peru, Piura 1 - Bayóvar, Sondeo B63 (área I), muestra A1 (Verdeja <i>et al.</i> 1990 b citado por Bedoya, p. 62, 2003) e Tacna 8 - Tripartito, Sociedade Minera María de las Nieves de Tacna.		Canadá, exposto por Bedoya (p. 62, 2003).
Composto	%	% PIU1	% TAC 8	%
SiO <sub>2</sub>	93,0	65,50	84,86	84,86
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,0	2,04	1,95	1,95
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,50	1,25	1,38	1,38
CaO	0,50	9,58	1,29	1,29
MgO	0,30	3,29	0,60	0,60
TiO <sub>2</sub>	0,20	-	-	0,15
Na <sub>2</sub> O	0,20	1,87	0,56	0,56
K <sub>2</sub> O	0,20	0,50	0,70	0,70
MnO	-	-	-	0,05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	-	0,53
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	0,01
PF/PxC/LOI	2,5	14,75	7,93	7,93

Fonte: França e outros (p. 462, 2008) e Bedoya (p. 62, 2003).

Como se observa do quadro acima, as análises químicas das 4 análises comparadas teve o predomínio do dióxido de silício (sílica).

Segundo as análises químicas expostas por França e outros (2008), para aplicações como auxiliar de filtração de altas e baixas vazões, bem como carga industrial, há percentuais dos compostos químicos que são variáveis e aceitáveis para usos específicos, como exposto a seguir.

Quadro 4 - Variações aceitáveis para auxiliar de filtração de altas e baixas vazões e para carga industrial.

Propriedade	Auxiliar de filtragem de baixas vazões		Auxiliar de filtragem de altas vazões		Carga industrial	
	Análise típica	Variação	Análise típica	Variação	Análise típica	Variação
Coloração	bege	rosa	bege	rosa	branca	branca
Alvura ISO %	69,0	-	64,7	-	88,3	-
Umidade %	1,0	máximo	1,0	máximo	1,0	máximo
SiO <sub>3</sub> %	90,0	+/- 3,0	87,0	+/- 3,0	93,0	+/- 3,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	6,0	+/- 3,0	5,0	+/- 2,0	3,0	+/- 1,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	1,5	máximo	1,5	máximo	0,5	máximo
CaO %	0,5	máximo	0,5	máximo	0,5	máximo
MgO %	0,2	+/- 0,1	0,2	+/- 0,1	0,3	+/- 0,1
TiO <sub>2</sub> %	-	-	-	-	0,2	+/- 0,1
Na <sub>2</sub> O %	0,5	+/- 0,2	2,5	máximo	0,2	máximo
K <sub>2</sub> O %	0,3	+/- 0,2	0,3	+/- 0,2	0,2	máximo
Perda ao fogo %	1,0	máximo	1,0	máximo	2,5	máximo
Densidade aparente livre (g/cm <sup>3</sup> )	0,170	+/- 0,030	0,200	+/- 0,030	0,220	+/- 0,030

Fonte: França e outros (2008).

Para auxiliar de filtragem de baixas vazões há uma propriedade chamada Wasserwert (L/h) que é “ensaio específico para determinar capacidade de filtragem” (França e outros, 2008), cuja análise típica é 15 L/h e sua variação fica entre 10 a 25 L/h e a granulometria - retido em 200 # (%) tem análise típica em 8% e sua variação é +/- 3,0 %.

Já para auxiliar de filtragem de altas vazões, na propriedade filtrabilidade a vácuo (s), a análise típica é 35 com variação +/-5 e granulometria - retido em 200 # (%) tem análise típica em 10 e variação em +/- 3,0.

Enquanto que, para carga industrial tem-se a propriedade absorção de óleo (%) com análise química em 80 e variação mínima e a granulometria - retido 325 # (%) com análise típica em 1,0 e variação máxima.

Em outra análise química, a composição química e mineralógica da diatomita colombiana apresentou, de forma recorrente, elementos majoritários (>1%), sendo o dióxido

de silício ( $\text{SiO}_2$ ) o mais abundante, seguido por óxidos como  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{K}_2\text{O}$ . Além disso, estão presentes elementos minoritários (entre 0,1 e 1%), como  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{CaO}$ , e elementos-traço ( $<0,1\%$ ), incluindo P, S, Ni, Zn, Cu, Sr e Bi (Naranjo-Merchán et al., 2007 citado por Bermudez C e Cárdenas A, 2021). Esses componentes costumam estar associados a minerais como micas, quartzo, feldspatos, calcita e argilas (Naranjo-Merchán et al., 2007 citado por Bermudez C e Cárdenas A, 2021).

Alguns estudos tratam da reatividade química da diatomita, por ser estável devido ser composta predominantemente por sílica amorfa ( $\text{SiO}_2$ ), tocante a solubilidade e resposta a ácidos e bases fortes tem que: a diatomita de Tacna reagiu com ácido clorídrico -  $\text{HCl}$  (Bedoya, 2003). Segundo o site SGB (Branco, 2014) a diatomita apresenta resistência à dissolução em meios ácidos, com exceção do ácido hidrofúorídrico, enquanto demonstra solubilidade significativa em soluções de bases fortes.

O mesmo entendimento é externalizado por Souza (2003, citado por Lira Júnior p. 27, 2016), a diatomita é enquadrada na categoria de minerais não metálicos, cuja composição química, estrutura morfológica e a resistência à reação com a maioria dos ácidos e bases conferem ao material elevada estabilidade química após o processamento. Essas propriedades garantem à diatomita um valor comercial singular, não encontrado em outros tipos de partículas. As características físico-químicas específicas tornam esse material indispensável em aplicações que não podem ser supridas por outras fontes de sílica.

Sobre a inércia química vê-se que a diatomita exhibe elevada estabilidade química frente à maioria dos sistemas líquidos e gasosos, associada a uma solubilidade aquosa extremamente reduzida (Reka *et al.*, 2021). O mesmo entendimento teve Lira Júnior (2016) ao afirmar que por não sofrer reação significativa com a maioria dos ácidos e bases, a diatomita mantém elevada estabilidade química após o processamento (calcinação), característica que lhe confere um valor comercial diferenciado em relação a outros materiais particulados.

Essas análises químicas são importantes para definir a aplicação comercial da diatomita.

## **4 LAVRA E PROCESSAMENTO DA DIATOMITA**

Considerando que a rocha de diatomita é sedimentar e a maioria de seus depósitos são rasos, bem como estão situados às margens de lagos e oceanos (França e outros, 2008), entender o método de lavra adequado auxilia num melhor desenvolvimento e aproveitamento da mina.

Em outras palavras, após a abordagem de grande parte das características físicas, químicas, geológicas e mineralógicas presentes na diatomita, passe-se a abordar sobre como é possível lavar e processar a diatomita.

### **4.1 Lavra da diatomita**

Segundo França e outros (2008), a extração da diatomita costuma ser realizada em minas a céu aberto. Quando o material se encontra em camadas espessas, a lavra é conduzida em bancadas com alturas que variam entre 1,5 e 15 metros. Em 2008, já havia conhecimento da existência de depósitos que realizaram a extração da diatomita por meio de lavras subterrâneas, localizadas principalmente na Europa, Ásia e África do Sul.

Como já expôs Breese, (1994, citado por França e outros, 2008), por ser um sedimento de fácil desagregação, a diatomita dispensa o uso de explosivos, sendo sua extração realizada com o auxílio de escavadeiras. Após o desmonte, a diatomita é carregada em caminhões e levada até a área de estocagem do material bruto, onde foi posteriormente processada (Breese, 1994 et al. 2008).

França et al. (p. 455, 2008), informou que no Ceará (Brasil), local onde a diatomita se formou em lagoas, a extração foi realizada por mergulhadores utilizando pás. O material retirado do fundo era colocado em barças e levado até as margens, onde passava por secagem ao sol antes de ser processado.

Os mesmos autores citaram o caso da Bahia (Brasil), onde a diatomita se encontrava em regiões alagadiças — na Mina Ponte, em Mucugê-BA — no qual foi preciso realizar o rebaixamento do lençol freático antes de iniciar a lavra. Com a realização do rebaixamento do lençol freático, a preparação da frente de lavra começou com a remoção da vegetação e da matéria orgânica existente na superfície da mina. Esse material foi destinado a um bota-fora e mantido para ser utilizado posteriormente na recuperação da área minerada.

Ainda, sobre a mina baiana, pode-se observar que, haviam camadas escuras e claras, sendo que nas porções mais escuras, a diatomita estava associada à argila e a materiais orgânicos, como raízes e outros resíduos vegetais. Já nas camadas mais claras estavam formadas predominantemente por diatomita, podendo ocasionalmente conter lentes de areia.

#### 4.2 Processamento da diatomita

Como já exposto anteriormente, os depósitos de diatomitas possuem impurezas que podem prejudicar o seu adequado uso industrial, logo a remoção desses materiais contaminantes (como matéria orgânica, por exemplo) passam a ser muito úteis através das técnicas de processamento mineral. As preparações iniciais envolvem:

a) secagem natural (ao sol): por meio do espalhamento da diatomita no pátio, pode-se reduzir para 10 a 20% a umidade dela, reduzindo os custos de produção, afinal a diatomita in natura possui umidade entre 30 e 60% de seu peso. (França e outros, 2008).

b) separação de argilas (via úmida): em depósitos com alto teor de argila, a diatomita é colocada em tanques agitadores (*blungers*) com água para formar uma polpa. Essa polpa segue para tanques de decantação, onde a argila é separada da diatomita por gravidade (batelada) em um processo que dura de 24 a 72 horas, conforme as condições climáticas. Após esse intervalo, o líquido sobrenadante, rico em argilas e matéria orgânica, é escoado por gravidade e direcionado de volta às áreas já mineradas. O material decantado, por sua vez, é composto predominantemente por diatomitas. (França e Luz, 2002, citado por França e outros, 2008).

c) calcinação (sem fundente): é o tratamento térmico que define as propriedades comerciais do produto final, tornando-a mais utilizada nessa forma, principalmente na indústria alimentícia, farmacêutica, têxtil e cosmética (França e outros, 2008). Segundo Reka e outros (p. 452, 2021), uma estratégia para aprimorar as propriedades da diatomita consiste na calcinação, processo que favorece a eliminação de impurezas presentes nas frústulas e, conseqüentemente, eleva a qualidade industrial do material.

Segundo Espinoza (p. 12, 2007), o pó de diatomita natural passa por calcinação em extensos fornos rotativos, operando normalmente entre 650 °C e 1200 °C. Durante esse tratamento térmico, formam-se partículas com poros amplos e baixa área superficial, resultado do processo de sinterização. A elevada concentração de ferro no material de partida provoca,

após a calcinação, uma tonalidade rosada resultante da oxidação desse elemento, enquanto uma fração da sílica amorfa sofre transformação em cristobalita.

Segundo Reka e outros (p. 456, 2021), os resultados de seus experimentos com DRX (XRPD) com temperaturas que variavam de 500 a 1.200 °C (com etapas de 100 °C), indicaram a presença de opala entre 500 a 1000 °C - evidenciada pelo pico de halo complexo, típico de qualquer fase amorfa. Entre 1.000 e 1.100 °C, observou-se uma modificação expressiva dessa fase, culminando em uma transição sólido-sólido para cristobalita, a qual se manteve inalterada/estável em 1.200 °C.

d) Calcinação com usos de fundentes (fluxantes): após a remoção de argilas pela decantação é iniciado o processo de calcinação. Considerando que a diatomita, ainda apresenta umidade (entre 10 e 20%), é feita uma combinada com barrilha ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) em uma proporção de 2% em peso. Essa barrilha atua como um agente fundente, responsável por reduzir o ponto de fusão da sílica, facilitando a incorporação das impurezas e promovendo a aglomeração das partículas de diatomita (França et al., 2003; França e Luz, 2002; Horn Filho e Veiga, M. M., 1980; Sobrinho e Luz, 1979, citado por França e outros, p. 457, 2008).

Ainda segundo eles, com essa mistura sendo encaminhada ao forno de calcinação, cuja temperatura varia devido ao teor de matéria orgânica presente na diatomita. Quando esse teor é elevado, há maior geração de gases de combustão, o que eleva a temperatura interna do forno e compromete o processo de calcinação. Por essa razão, a faixa de temperatura utilizada varia entre 800 e 1.000 °C.

Como já explicado, segundo França et al., (p. 457, 2008), o processo de calcinação reduz a área superficial da diatomita pela destruição de sua estrutura fina, resultando na formação de aglomerados de partículas, especialmente quando se utiliza o fluxante carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), neste processo, a densidade aparente do material aumenta de 2,0 para 2,3, enquanto a área superficial diminui de valores entre 10 e 30  $\text{m}^2/\text{g}$  para 0,5 a 5,0  $\text{m}^2/\text{g}$ , devido à aglomeração das partículas (Breese, 1994, citado por França e outros, 2008). A presença do fluxante intensifica essa aglomeração. Além disso, a calcinação altera a dureza da diatomita, que passa da faixa de 4,5–5,0 para 5,5–6 na escala Mohs.

Em outras palavras, o redimensionamento das partículas é obtido pela incorporação de um fundente, em proporções de 2 a 8%, normalmente soda cáustica, cloreto de sódio ou hidróxido de sódio, antes da etapa de calcinação. Esse fundente promove a sinterização da diatomita, resultando no aumento do tamanho das partículas. Os materiais obtidos recebem a denominação de ‘Calcinações com Fundente’. Esse processo gera um produto de coloração

branca, atribuída à formação de complexos de silicatos de sódio-alumínio-ferro a partir do ferro, antes de sua transformação em óxido. A calcinação pode atingir temperaturas de até 1200 °C (Espinoza, p. 11, 2007).

Sobre as etapas de acabamento, após a saída do forno, a diatomita calcinada passa por processos mecânicos para atingir a granulometria desejada, que são: o resfriamento e desagregação e também a classificação pneumática. A diatomita calcinada, após sair do forno, passa por um resfriador cilíndrico, é desagregada em um ventilador e encaminhada para a etapa de classificação pneumática. Os materiais resultantes são então submetidos a testes específicos, conforme a finalidade de uso a que se destinam (França e outros, p. 458, 2008).

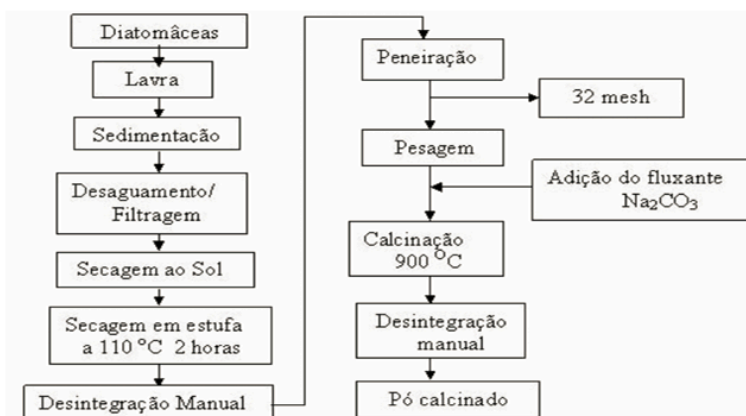
### 4.3 Produto final

Segundo Bedoya (2003), dependendo do processamento aplicado, a diatomita é ofertada em três formas principais: a) diatomita natural: em que a diatomita passa apenas por moagem e secagem simultânea com gases quentes. Oferece maior claridade no filtrado, porém menor velocidade de fluxo; b) diatomita calcinada: sofre ajuste de tamanho de partícula em fornos rotatórios. Geralmente apresenta um tom rosado devido à oxidação do ferro contido no mineral; c) diatomita calcinada com fundente: o uso de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ou  $\text{NaCl}$  elimina o tom rosado, resultando em um produto branco de alta qualidade, com maior permeabilidade e partículas aglomeradas de forma mais estável.

As etapas de lavra e processamento da diatomita podem ser assim exemplificadas (Figura 1).

Figura 1 - Fluxograma adaptado por Lira Júnior (p. 26, 2016).

Fig. 4 – Fluxograma do processamento da diatomita



Fonte: FONTES, et al. 2010

Ressaltando que, conforme exposto, essas etapas não são absolutas e nem sempre foram assim. O uso da secagem ao sol é mais comum no Brasil. Por exemplo, Espinoza (p. 10, 2007) em seu diagrama sobre diatomita assim o descreveu: “Extração -> transporte -> trituração -> moagem -> classificação -> calcinação -> embalagem e distribuição” (traduzido do espanhol).

A diatomita natural em Tacna, Peru, por exemplo, é obtida por meio de britagem/trituração primária, seguida de moagem e secagem simultâneas com um fluxo de gases quentes. As partículas em suspensão são transportadas e passam por uma série de ventiladores, ciclones, separadores e filtros, resultando na separação de poeira de diferentes tamanhos, na remoção de impurezas e na expulsão da água absorvida, produzindo um produto uniforme que proporciona maior clareza no líquido filtrado, porém com menor vazão. Sua cor é branca. Este produto, sem processamento adicional, pode ser ensacado ou manuseado a granel como um produto natural (Bedoya, p. 58, 2003).

## 5 METODOLOGIA

A presente pesquisa quali-quantitativa caracteriza-se como um estudo experimental e exploratório. O procedimento metodológico foi dividido em cinco etapas principais: coleta de amostra de mão (pesquisa de campo, observação in loco), com o consequente registro fotográfico tanto em campo, no Rio Piririm em Itaubal, quanto em laboratório; levantamento bibliográfico; preparação da amostra (secagem, calcinação e peneiramento); ensaios físico-químicos; e compilação dos dados obtidos (com confecção de mapas e quadros).

### 5.1 Pesquisa bibliográfica e confecção de mapas

A base teórica foi construída por meio de uma revisão sistemática em bases de dados como ANM, Sigmine, Google acadêmico, SciELO e periódicos CAPES. Foram utilizados descritores específicos relacionados ao tema (como “caracterização da diatomita”, “diatomita”, etc.) para fundamentar a análise dos resultados obtidos em laboratório. Os principais autores que fundamentam este trabalho são: França e outros (2008), Bedoya (2019) e Bermudez e outros (2021). Contou também com a utilização de sites confiáveis como os do Sigmine, alimentado pelo governo federal (através da ANM), bem como da compilação de análises químicas feitas por profissionais químicos sobre a diatomita de Itaubal que estavam disponíveis no processo da ANM nº 858.112/2017.

A consulta de processos administrativos da ANM e consequentemente o download do Relatório Final de Pesquisa, positivo ou negativo, é online e simplificado. Bastou acessar o site <https://www.gov.br/anm/pt-br/acesso-a-informacao/processos/consulta-a-processos>, após escolher a opção: cadastro mineiro, nessa página abrirá o passo a passo para consulta de processo minerários da ANM e no final da página haverá o link para acesso a página efetiva de consulta de processos, conforme a seguir descrito (ANM, 2025).

Foi definido os seguintes parâmetros de pesquisa na consulta processual do site da ANM: para o campus Estado e Município > AP, após > Itaubal; para a substância > diatomita e após clicou-se na opção adicionar (é possível adicionar mais de uma substância). No campo Situação > todos (ativos e passivos). E finalmente preencheu-se o código disponibilizado pelo sistema e clicou-se em Pesquisar.

Quanto à feitura dos mapas geológicos, acessou-se o link > <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6a8f5ccc4b6a4c2bba79759a>

a952d908, em seguida marcou-se a opção > concordar com os termos e condições e por último clicou-se em ok.

Na página aberta, indo nos ícones do lado direito da página, clicou-se no 2º ícone denominado lista de camadas, selecionou-se apenas as opções > Geociências e dentro desse tópico a opção > geologia. E também o tópico > Estrutura territorial e o subtópico > Malha Estadual e Malha Municipal. Após, deu-se zoom na área de interesse, no caso deste TCC, deu zoom até o município de Itaubal, no Amapá. É possível visualizar os depósitos, objetos de processos da ANM, deixando marcado a opção > Agência Nacional de Mineração – ANM.

Na área exibida, cada cor conta com informações sobre a litologia do depósito que são exibidas com um simples toque. Também é possível baixar os relatórios ou apenas tirar um print da área desejada (o que foi feito nesse TCC, tiragem de print da tela).

## **5.2 Coleta e preparação da amostra**

Em campo, fez-se a observação *in loco* da vegetação nativa e do ambiente de formação da rocha de diatomita. Não foi medido a altura do furo feito com o trado manual, pois com a 3ª cavada obteve-se as amostras (o suficiente para não conter tanta vegetação e/ou outros contaminantes nelas). As coordenadas das amostras coletadas pelas autoras foram perdidas durante o processo de confecção deste TCC. As amostras de mão de diatomita foram coletadas e registradas por fotografias no município de Itaubal, no estado do Amapá, conforme orientação do Geólogo e Professor orientador deste TCC.

Com as amostras em mão, passou-se para as etapas de preparação, seguindo as orientações da engenheira de materiais e coorientadora deste trabalho.

- Pesagem: feita antes e depois da secagem, para aferição da perda de umidade;
- Secagem: a diatomita foi submetida à secagem em estufa por 105 °C;
- Calcinação: o tratamento térmico foi realizado em diversas temperaturas, sendo as principais 900 e 1000 °C, porém somente foi analisada essa última para o FRX e MEV, as demais amostras não foram analisadas nem expostas nesse trabalho;
- Peneiramento: o ensaio de classificação granulométrica foi realizado via peneiramento a seco com auxílio de pincel de cerdas, utilizando um jogo de peneiras de aberturas variadas, sendo elas: #325, #200 e #100, para determinar a distribuição do tamanho das partículas e o diâmetro máximo do material.

Não houve quarteamento (apenas divisão da amostra em tamanho que coubesse no cadinho), as amostras foram calcinadas e peneiradas integralmente. Não houve descarte intencional de resíduos da amostra, o que não significa que não houve perda. As gramas perdidas podem ser explicadas pela leveza da diatomita que eventualmente flutuou durante o processo de peneiramento.

### **5.3 Fluorescência de raio X e microscopia de eletrônica de varredura**

A composição química elementar foi determinada por Fluorescência de Raio X (em termos de óxidos). O equipamento disponível no UFRN foi o Shimadzu EDX-720, que utiliza um alvo de Ródio (Rh) no Target (TG ou alvo, configuração técnica do tubo de raios X do espectrómetro). As condições de medições foram: para elementos mais pesados (Ti-U) utilizou-se uma voltagem de 50 kV no alvo Rh; e para elementos mais leves (Na-Sc) foi utilizada uma voltagem de 15 kV no alvo do Rh.

Já para a análise morfológica foi realizada via MEV para observar a textura, porosidade e forma dos grãos em escala micrométrica, também foi realizada no UFRN.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, são apresentados e discutidos os resultados das análises geológicas, mineralógicas e físico-químicas realizadas na amostra de diatomita de Itaubal-AP.

### 6.1 Geologia da área de trabalho

Quanto ao contexto regional da geologia do Amapá, ele pode ser descrito como composta por quatro unidades principais segundo Lima et al. (1991, citado por Justo Neto e outros, 2025): núcleos preservados do Pré-Cambriano, cinturão de cisalhamento pré-cambriano, sedimentos paleozóicos e depósitos meso-cenozóicos. O IEPA (2002, citado por Justo Neto, 2025) simplifica essa classificação em duas grandes unidades: crosta antiga retrabalhada ou não e coberturas plataformais. A crosta antiga, correspondente à província Transamazônica, ocupa cerca de 71,5% do território nas regiões norte, oeste e central, sendo formada por terrenos metamórficos de médio e alto grau, compostos por gnaisses, granulitos e migmatitos, vinculados às unidades estratigráficas Guianense, Tumucumaque e Tartarugal Grande, conforme Faraco et al. (2000, citado por Justo Neto, 2025).

No Amapá também ocorrem rochas supracrustais do Paleoproterozóico, formadas por sequências metavulcano-sedimentares de fácies que variam de xisto verde a anfíbolito, configurando cinturões do tipo greenstone belt com orientação NW-SE. Essas formações pertencem aos grupos Vila Nova e Serra Lombada e incluem litotipos variados, como xistos, quartzitos, anfíbolitos, metaconglomerados e rochas meta-vulcânicas. Posteriormente, foram cortadas por intrusões ígneas proterozóicas, entre as quais se destacam o Granodiorito Falsino e as Alcalinas Mapari (Faraco et al., 2000, citado por Justo Neto e outros, 2025).

Justo Neto e outros (2025), afirma que o segundo domínio geotectônico do Amapá é formado pelas coberturas plataformais paleo-mesozóicas da Bacia do Amazonas e por sequências sedimentares cenozóicas. Na porção sul do estado, que corresponde ao flanco norte desta bacia, ocorrem sedimentos clásticos e pelíticos distribuídos em diferentes formações: Trombeta (Siluriano, arenitos finos), Maecuru (Devoniano, fácies arenosa), Ererê (Devoniano, siltitos) e Curuá (Devoniano, folhelhos pretos marinhos e piritosos).

Na porção sul do Amapá ocorrem sedimentos mesozóicos da Formação Alter do Chão, compostos por rochas clásticas continentais como arenitos, siltitos e argilitos caulíníticos. Já a faixa litorânea e sul corresponde a uma planície flúvio-costeira e estuarina, subdividida em

zona atlântica, dominada por processos marinhos com aporte do rio Amazonas, e zona estuarina, marcada por processos mistos. Essas áreas registram depósitos terciários do Grupo Barreiras e sedimentos recentes pelíticos a psamíticos em canais, planícies de inundação, manguezais e cordões litorâneos, além de litotipos de alteração supergênica sobre rochas mais antigas. As coberturas plataformais se estendem pela porção sul e litoral do estado, caracterizadas por rochas sedimentares paleomesozóicas da Bacia do Amazonas e sequências cenozóicas, incluindo estratos cretáceos da Formação Alter do Chão (IEPA, 2010 citado por Justo Neto e outros, 2025).

Sobre a geologia local, Justo Neto e outros (2025), afirma que a geologia do Amapá insere-se nos domínios dos Planaltos Rebaixados da Amazônia e da Planície Costeira. Esta última, estendendo-se do norte ao sul do estado, apresenta relevo plano, áreas alagadiças e baixas altitudes associadas ao litoral oceânico e à costa do Rio Amazonas. De origem sedimentar e formação quaternária recente, essas planícies resultam do predomínio do acúmulo de sedimentos sobre a erosão, com depósitos derivados do desgaste de rochas vizinhas. O relevo plano caracteriza especialmente as regiões próximas à foz do Rio Amazonas, ao litoral e à bacia do Oiapoque.

A área estudada por Justo Neto e outros (2025), está inserida em domínios de rochas terciárias e quaternárias. O Terciário é marcado principalmente por lateritos que sustentam os platôs, além do Grupo Barreiras composto por arenitos, siltitos e argilitos, com ocorrência subordinada de gossan. Já o Quaternário apresenta depósitos aluvionares e flúvio-marinhos formados por cascalho, areia e argila inconsolidados. Estruturalmente, as unidades geológicas seguem orientação predominante NW-SE, com inflexões para NNW, retomando depois a direção principal. Também ocorrem diques básicos de direção N-S, ligados à distensão E-W, enquanto os diques NW e NE são mais antigos e associados a fases de distensão NE-SW e NW-SE.

Justo Neto e outros (2025), afirmam que estratigraficamente, a diatomita aparece em camadas delgadas, associadas a níveis argilo-siltosos pouco compactados. Sua coloração clara, textura fina e pulverulenta, além da alta porosidade, indicam depósitos continentais formados em ambiente deposicional estável, propício à sedimentação contínua de material biogênico silicoso.

A área apresenta relevo baixo e suavemente ondulado, influenciado pelas inundações periódicas do rio Piririm e seus afluentes, que favorecem a deposição de sedimentos finos e a renovação dos ambientes lacustres. Esse processo é essencial para o desenvolvimento das

diatomáceas e a formação da diatomita, encontrada na superfície ou em profundidades rasas. Estudos indicam que os depósitos locais possuem características de interesse econômico, resultado da interação entre fatores sedimentares, hidrológicos e biológicos, consolidando o rio Piririm como um ambiente favorável à ocorrência de diatomita no Amapá (Justo Neto, 2025).

Segundo Justo Neto (2025), o rio Piririm, em Itaubal do Piririm (Amapá), está inserido em um contexto geológico de depósitos sedimentares recentes ligados a sistemas fluviais e flúvio-lacustres. Sua geomorfologia é marcada por extensas planícies aluviais, resultado da dinâmica de drenagem regional, que favorece o acúmulo de sedimentos finos e a formação de depósitos biogênicos, como a diatomita. A figura 2 mostra parte do Rio Piririm.

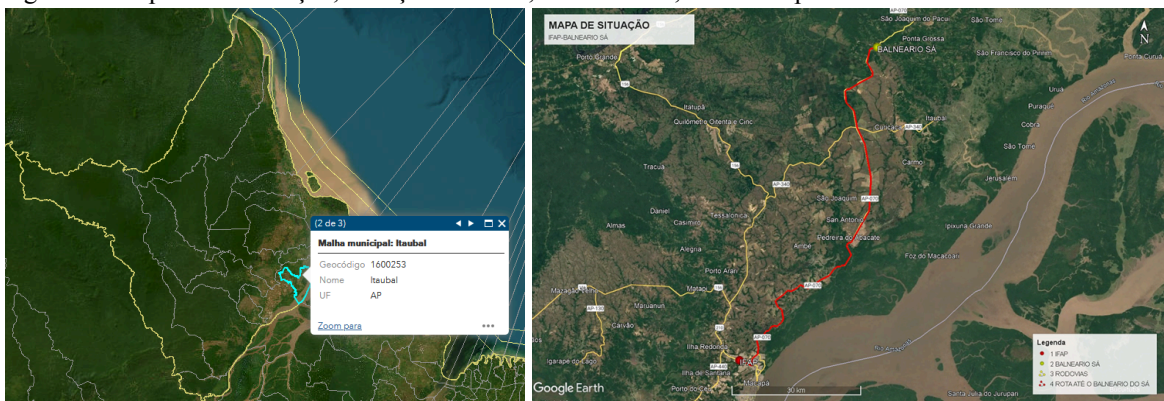
Figura 2 - Foto do Rio Piririm no município de Itaubal-AP.



Fonte: Justo Neto e Outros (2025).

As amostras objeto deste estudo encontram-se situadas no município de Itaubal, localizado no norte da capital amapaense (Macapá), no estado do Amapá, extremo norte do Brasil, conforme a figura 3.

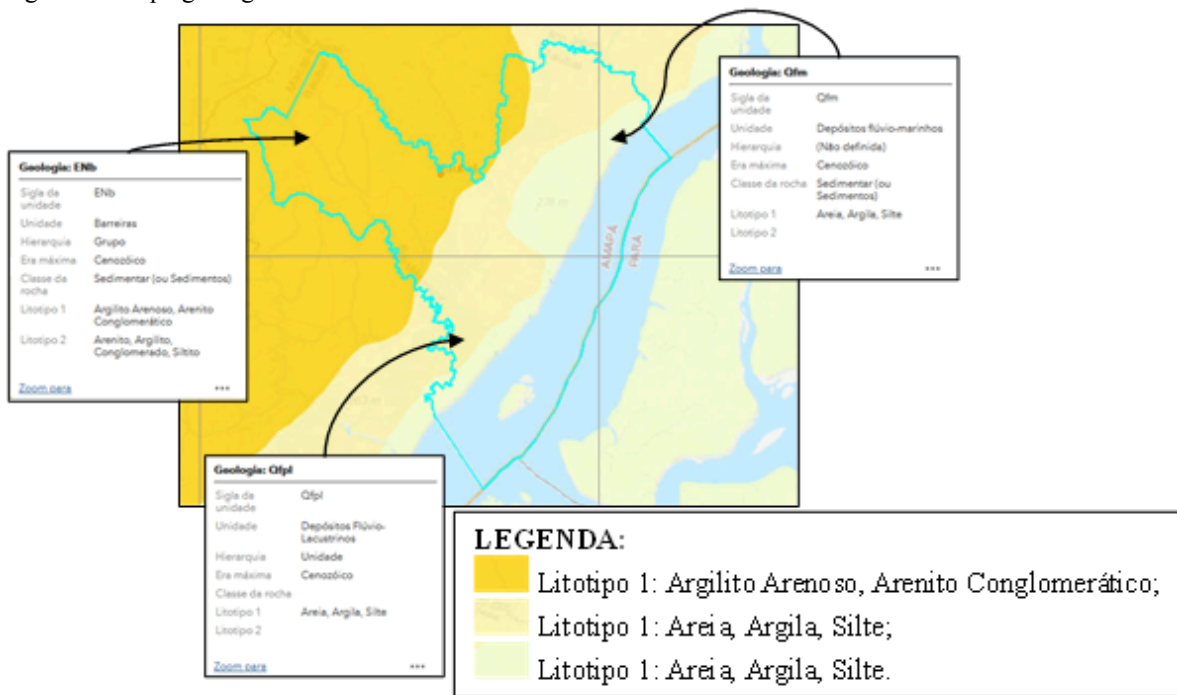
Figura 3 - Mapa de localização, situação e acesso, balneário Sá, no município de Itaubal-AP.



Fonte: ANM/Sigmimine, 2025 e de Justo Neto e outros (2025), com utilização do sistema Google Earth.

No contexto geológico da diatomita de Itaúbal-AP, pode-se observar que a litologia do lugar em que foi encontrada as diatomáceas fossilizadas apresentam 3 tipos de rochas predominantes, sendo eles codificados nas siglas de unidade: ENb, Qfpl e Qfm., conforme exposto a seguir (Figura 4).

Figura 4 - Mapa geológico de Itaúbal-AP.



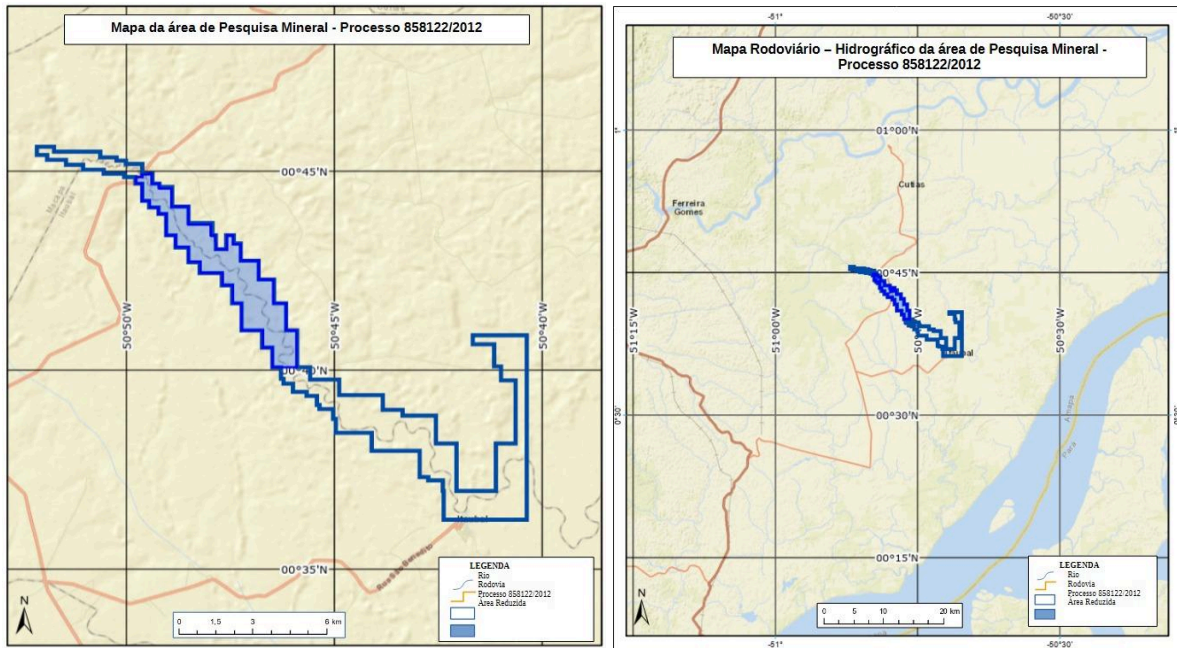
Fonte: ANM/SIGMINE - Agência Nacional de Mineração (2025).

Os depósitos próximos ao rio Piririm são formados principalmente por argilas, siltes e areias finas inconsolidadas, com camadas ricas em material silicoso orgânico. Destaca-se a diatomita, rocha sedimentar originada da acumulação de frústulas de diatomáceas em ambientes aquáticos de baixa energia. A reduzida hidrodinâmica de lagos marginais, várzeas e trechos de corrente lenta favoreceu a preservação e o acúmulo desse material ao longo do tempo (Justo Neto e outros, 2025).

No Brasil, os depósitos de diatomáceas estão presentes tanto na faixa litorânea quanto em áreas de formação lacustre de água doce, sendo constituídos por esqueletos silicosos localizados em profundidades médias de cerca de 2 m. Esses depósitos remontam à era Cenozóica, iniciando-se no período Terciário (Souza, 1973, citado por França e outros, 2008), e ocorrem nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia, Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo e Santa Catarina. E no Amapá não é diferente.

Em outras palavras, o depósito de diatomita de Itaubal está localizado em área de formação lacustre (não marinha) de água doce, mais especificamente às margens do Rio Piririm, cuja extensão pode ser visualizada a seguir (Figura 5).

Figura 5 - Poligonais com a extensão do Rio Piririm - AP e a consequente confirmação da existência de terras diatomáceas.



Fonte: ANM/SIGMINE, ref. ao Processo ANM nº 858.112/2017, anexado ao Relatório Final de Pesquisa Positivo, adaptado pelo Orientador deste trabalho.

O depósito amapaense é caracterizado por um extenso desenvolvimento de diatomáceas que proliferaram em um ambiente lacustre raso com águas calmas e ricas em sílica. O lago é raso, com água turva, mas com condições ecológicas favoráveis ao crescimento de diatomáceas do tipo navicular, como se pode observar nos resultados sobre as amostras submetidas à microscopia de varredura eletrônica - MEV.

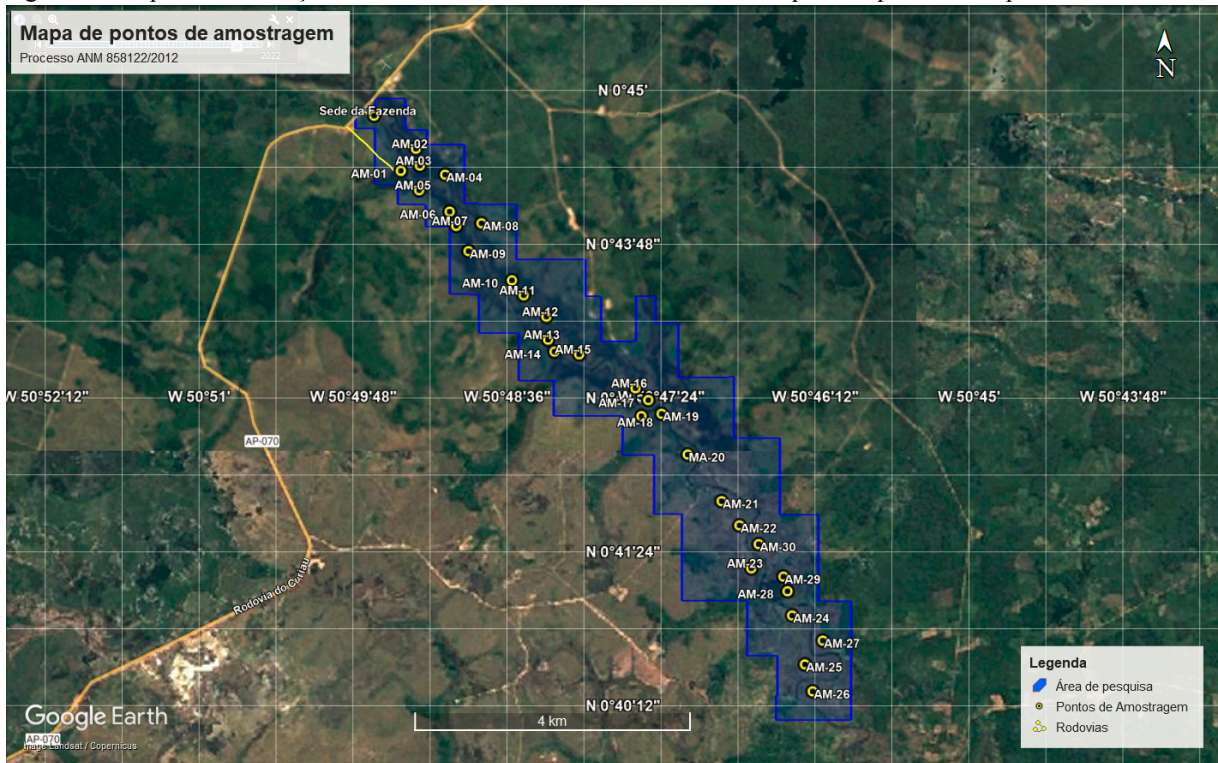
No Amapá (Brasil), assim como em Tacna (Peru), o depósito se originou do acúmulo de frústulas ou conchas siliciosas das diatomáceas, que, depois de fossilizados, se depositaram e compactaram no fundo da bacia, característica da formação de rochas sedimentares do tipo biogênica (Bedoya, p. 61, 2003).

Segundo Bedoya (p. 61, 2003), as condições ambientais ideais para o desenvolvimento das diatomáceas — e, conseqüentemente, para a formação de depósitos de diatomita com valor comercial — incluem a presença de bacias amplas e pouco profundas, que possibilitam a realização da fotossíntese, além de ter suprimento constante e abundante de sílica solúvel, bem como é necessário um aporte elevado de nutrientes, a ausência de substâncias tóxicas e a

ausência ou contribuição mínima de material clástico. (Bedoya, p. 61, 2003). Essas características estão presentes no depósito de diatomita amapaense, como se verá.

O relatório físico-químico usado neste trabalho, de autoria de Carlos Renner do Nascimento, realizou a análise de 60 amostras, estando a localização das primeiras 30 amostras a seguir representadas (Figura 6), cujas coordenadas estão no quadro 5.

Figura 6 - Mapa de localização de amostras do relatório de análise físico-química presente no processo ANM.



Fonte: Fornecido pelo Geólogo e orientador deste trabalho.

As coordenadas dos pontos demonstrados no mapa (figura 6) estão a seguir expostas.

Quadro 5 - Pontos de amostragem em coordenadas geográficas.

Amostra	Latitude Norte	Latitude Sul	Amostra	Latitude Norte	Latitude Sul
AM - 01	0° 44' 32.42" N	50° 49' 25.28" W	AM - 16	0° 43' 4.53" N	50° 48' 0.79" W
AM - 02	0° 44' 25.26" N	50° 49' 8.30" W	AM - 17	0° 42' 41.92" N	50° 47' 51.80" W
AM - 03	0° 44' 18.94" N	50° 49' 17.14" W	AM - 18	0° 42' 54.02" N	50° 47' 45.94" W
AM - 04	0° 44' 11.06" N	50° 48' 59.70" W	AM - 19	0° 43' 17.70" N	50° 47' 30.97" W
AM - 05	0° 43' 56.75" N	50° 48' 50.56" W	AM - 20	0° 43' 2.74" N	50° 47' 21.39" W
AM - 06	0° 43' 34.18" N	50° 48' 51.40" W	AM - 21	0° 42' 31.39" N	50° 47' 38.54" W
AM - 07	0° 43' 46.42" N	50° 48' 36.87" W	AM - 22	0° 42' 45.75" N	50° 47' 31.33" W

<b>AM - 08</b>	0° 43' 15.86" N	50° 48' 40.03" W	<b>AM - 23</b>	0° 42' 39.02" N	50° 47' 16.13" W
<b>AM - 09</b>	0° 43' 34.40" N	50° 48' 26.07" W	<b>AM - 24</b>	0° 42' 15.30" N	50° 47' 16.52" W
<b>AM - 10</b>	0° 43' 6.89" N	50° 48' 22.94" W	<b>AM - 25</b>	0° 42' 26.90" N	50° 47' 5.91" W
<b>AM - 11</b>	0° 43' 30.23" N	50° 48' 14.41" W	<b>AM - 26</b>	0° 41' 59.18" N	50° 47' 2.99" W
<b>AM - 12</b>	0° 43' 23.98" N	50° 48' 24.61" W	<b>AM - 27</b>	0° 42' 35.54" N	50° 47' 23.59" W
<b>AM - 13</b>	0° 43' 33.42" N	50° 48' 38.33" W	<b>AM - 28</b>	0° 42' 7.72" N	50° 46' 47.91" W
<b>AM - 14</b>	0° 43' 18.53" N	50° 48' 8.77" W	<b>AM - 29</b>	0° 41' 54.22" N	50° 46' 46.60" W
<b>AM - 15</b>	0° 42' 54.45" N	50° 48' 9.65" W	<b>AM - 30</b>	0° 41' 41.07" N	50° 46' 52.80" W

Fonte: Geólogo e orientador deste TCC.

Neste TCC utilizou-se apenas as 20 primeiras amostras (pontos de sondagem) para análise e comparação com outros resultados, representadas no mapa (figura 6) e cujas características estão apresentados na tabela 4.

Na prática, as autoras realizaram a coleta de 4 amostras (de mão) às margens do Rio Piririm no Município de Itaubal, no Amapá (Figura 7), porém somente as do ponto 1 e 2 puderam ser analisadas. Essa coleta foi necessária para se certificar de que a amostra não é proveniente de outra localidade e consequentemente responder um dos problemas que se propôs no projeto de pesquisa.

Figura 7 - Depósito de diatomita próximo ao Rio Piririm-AP.



Fonte: arquivo pessoal das autoras.

Não foi necessário a abertura de galerias, shafts, poços, visto que o depósito mineral foi identificado em profundidade rasa, da superfície do terreno até 1,5m de profundidade, e

assim sendo, a sondagem foi realizada com trado manual, de cavador em concha e helicoidal. Realizou-se a amostragem no depósito sedimentar considerando suas características geológicas, confirmando por análise laboratorial, a substância mineral de interesse.

Como se pode observar, a diatomita de Itaubal é coberta por uma extensa camada de vegetação. Para chegar até esse ponto retratado na figura 7 em especial, as autoras tiveram que ir de embarcação de um sítio próximo por alguns metros. Com as amostras passou-se para as análises físico-químicas a seguir expostas.

## 6.2 Análise física da diatomita amapaense

Quanto aos aspectos físicos pode-se comparar ao exigido pela indústria mexicana, por exemplo, conforme expôs Espinoza (2007), na tabela sobre propriedades físicas da diatomita, a seguir reproduzida e adaptada.

Quadro 6 - Propriedades físicas da diatomita de acordo com as especificações da indústria mexicana.

Conceito	Características
Aspectos macroscópico	Rocha pulverulenta, fina e porosa, com aspecto argiloso
Cor	Geralmente branca brilhante (no caso de alta pureza). Outras cores: branco (calcinação com fundente), rosa (calcinação), cinza (natural/bruta).
Porosidade	Alta
Capacidade para absorver líquidos	Muito alta
Capacidade abrasiva	Suave
Condutividade térmica	Muito baixa
Resistência à temperatura	Alta resistência
Ponto de fusão	Entre 1400 e 1750 °C
Peso específico	2,0 g/cm <sup>3</sup> (a calcinação aumenta para 2,3 g/cm <sup>3</sup> )
Superfície específica	10 a 30 m <sup>2</sup> /g (a calcinação reduz para 0,5 a 5 m <sup>2</sup> /g)
Índice de refração	1,4 a 1,46 (a calcinação aumenta para 1,49)
Dureza (Mohs)	4,5 a 5 (a calcinação aumenta para 5,5 a 6)
Química	Quimicamente inerte
Umidade	Varia de acordo com o local de armazenamento (entre 10% e 60%)

Fonte: Tabela 2 de Espinoza (p. 9, 2007).

A diatomita de Itaupal foi caracterizada fisicamente como sendo “mineral originário de ambiente lacustre, de origem sedimentar, composto de frústulas diatomáceas e esqueletos de microrganismos com diâmetros de alguns microns, recobertos por uma carapaça na forma de sílica pura com estrutura navicular (...)” que para ele essa diatomita pode ser usada para agente de filtração e também para carga industrial, de acordo com relatório técnico sobre as análises físico-químicas das amostras de campo da diatomita de Itaupal-AP assinadas pelo químico responsável Carlos Rener do Nascimento (2018).

Ainda sobre as características físicas da diatomita das margens do Rio Piririm, no Amapá tem-se a descrição feita pelo responsável químico sobre o ponto 1 (quadro 7 e 8) e replicado para as demais amostras, referente às análises químicas do quadro 10 (referente ao Relatório Final de Pesquisa Positivo, Carlos Rener do Nascimento, 2018).

Quadro 7 - Análises das propriedades físicas das 10 amostras de diatomita de Itaupal-AP, presentes em conjunto com a análise química fornecida pela empresa Diatomita Nacional e assinada pelo químico responsável Carlos Rener do Nascimento, datado de 20/06/2017, adaptado.

Aspecto da amostra: material leve, seco, pulverulento e de tenacidade quebradiça.	
Cor	Cinza
Estado da Matéria	In natura
Ph em pigmentos (10% em H <sub>2</sub> O)	6/7
Perda ao fogo %	21,72
Densidade-Kg.p/m <sup>3</sup>	189
Cheiro	Inodoro
Homologação técnica: a terra diatomácea analisada contém características satisfatórias para usos industriais diversos. Restando aprovada e qualificada quanto aos padrões técnicos para recebimento, beneficiamento e comercialização.	

Fonte: Relatório de análise físico-química, assinado pelo químico responsável Carlos Rener do Nascimento, datado de 20/06/2017, anexado ao processo ANM nº 858.112/2017 junto ao Relatório Final de Pesquisa Positivo, adaptado.

Tocante ainda sobre as características físicas da diatomita amapaense analisada pode-se perceber que os valores que se alteraram foram tocantes a perda ao fogo e densidade por Kg.p/m<sup>3</sup>, que exposta no quadro 8, referente aos pontos 1 ao 10.

Quadro 8 - Densidade e perda ao fogo dos pontos de sondagens 1 ao 10 das amostras de diatomita de Itaupal-AP.

	AM 1	AM 2	AM 3	AM 4	AM 5	AM 6	AM 7	AM 8	AM 9	AM 10
Densidade	189	195	200	210	181	206	175	193	184	202

P.F.	21.72	21.70	21.71	21.72	21.02	21.07	21.14	21.08	21.10	21.12
------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Fonte: Relatório de análise físico-química, assinado pelo químico responsável Carlos Rener do Nascimento, datado de 20/06/2017, anexado ao processo ANM nº 858.112/2017 junto ao Relatório Final de Pesquisa Positivo, adaptado.

Mesmo contando com o resultado dessas análises, fez-se novas análises de tratamento físico, com a amostra coletada em Itaupal, no Laboratório de Processamento Mineral do IFAP (Instituto Federal do Amapá).

O processo inicial foi com a secagem das 4 amostras a temperatura de 105 °C, o qual, por meio da pesagem, demonstrou o quanto de umidade acumulada havia nela, conforme se observa da figura 8, onde se exhibe a pesagem da diatomita bruta e a da diatomita seca.

Figura 8 - Pesagem das amostras de diatomita in natura e secas a 105 °C.



Fonte: Arquivo pessoal das autoras

Com os resultados das secagem e pesagem de apenas duas das amostras (quadro 9), passou-se a calcular a umidade presente na amostra. Ressaltando que a forma metálica tem massa de 79,89 g e foi retirada (está com a tara ativada) para realizar essa pesagem. Duas das amostras coletadas apresentaram coloração alaranjada após a calcinação, não sendo mais analisada por provavelmente não se tratarem de diatomitas.

Quadro 9 - Resultado da perda de umidade de duas amostras de diatomitas de Itaupal-AP.

AM 1 - Bruta	AM 1 - Seca	AM 2 - Bruta	Am 2 - Seca
818,00	421,19	735,85	209,15
Resultado	Em porcentagem	Resultado	Em porcentagem
396,81	48,50%	526,7	71,57%

Fonte: elaborado pelas autoras (2026).

Os resultados são obtidos assim: o valor da amostra bruta subtraído pela amostra seca é na AM 1 igual a 396,81, com esse valor passa a dividir pelo valor da diatomita bruta (818,00) que é igual a 0,4850 aproximadamente, e em seguida passa-se a multiplicar por 100 para transformar em porcentagem. Somando-se o resultado das duas porcentagens e em seguida dividindo pelo número de amostras (2), obteve-se a média da umidade da diatomita de Itaubal analisada o qual ficou em 60,03%.

Posteriormente, colocou-se essas amostras na mufla para calcinação, iniciando o processo químico.

### 6.3 Caracterização química-mineralógica da diatomita de Itaubal-AP

Iniciado o processo de calcinação e após a retirada das amostras do forno mufla das temperaturas de 900 e 1000 °C (mufla programada e esperado o período de 24 horas para retirada), foi possível perceber que a diatomita enquanto bruta possuía uma coloração marrom/escuro terrosa, após a secagem ficou cinza clara e depois do processo de calcinação apresentou a cor branca como predominante nas duas primeiras amostras, representadas a seguir (Figura 9).

Com o processo calcinação foi possível notar a presença de impurezas que se manifestaram através da mudança de cor, a diatomita in natura cinza (seca) passou a variar entre, branco (pura), creme (há presença de ferro, Espinoza, 2007) e cinza (há presença de alumínio), ela poderia ter outras variações de cores (SGB, 2014).

Figura 9 - Amostras de diatomita bruta, calcinada com impurezas na coloração rosada e cinza, respectivamente.



Fonte: Arquivo pessoal das autoras.

Quanto à coloração cinza após a calcinação, nesse caso, é provável que seja da contaminação residual presente no cadinho manchado de outro experimento (calcinação com caroços de açaí), que embora tenha sido feito a lavagem e higienização do recipiente o mesmo não foi suficiente para remoção completa da impureza (a diatomita agiu como uma espécie de agente de limpeza). Lembrando que, a cor é uma característica física, mas o que causa a mudança de cor é um processo químico chamado calcinação que como visto é a queima de matéria orgânica e de outras impurezas, como outros minerais como argilas, areias, óxidos de ferro, carbonato de cálcio e magnésio, presentes na amostra (França e outros, 2008).

Com a amostra calcinada a 1000 °C passou para o processo físico de classificação via peneiramento a pincel no jogo de peneiras de #325, #200 e #100 (Figura 9).

Figura 10 - Peneiramento a seco com auxílio de pincel de cerdas.

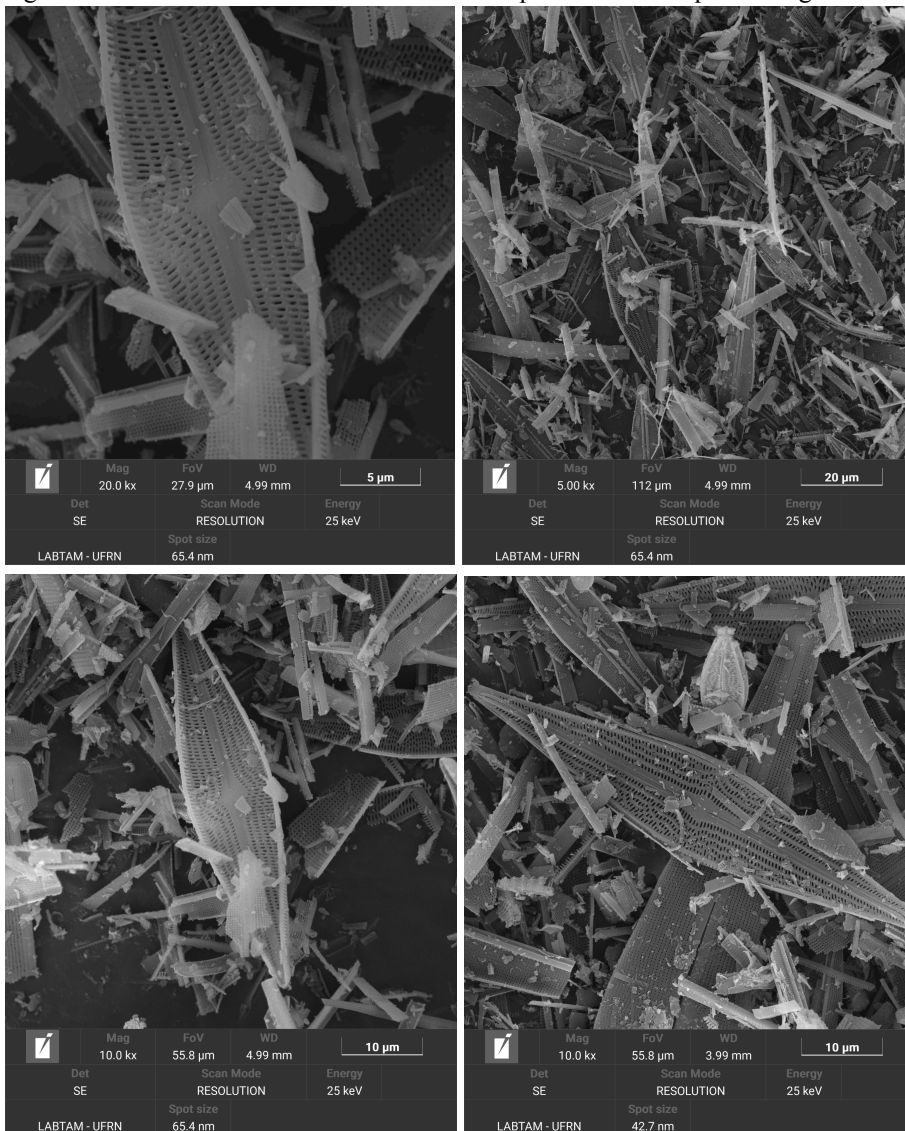


Fonte: Arquivo pessoal das autoras.

Com as amostras peneiradas na peneira de 100 mesh e calcinada a temperatura de 1000 °C, separou-se duas amostras de 2,5 g da diatomita com coloração parcialmente rosa, sendo uma para análise de EDX (Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva - FRX) e a outra para a realização do MEV (Microscopia de Varredura Eletrônica) no estado do Rio Grande do Norte. Ressaltando que:

- Quanto a microscopia de varredura eletrônica: na figura 11 é possível visualizar a morfologia predominante, frústulas de diatomáceas (carapaças de algas diatomáceas) com geometria alongada e simetria bilateral, características de diatomáceas do tipo navicular (França e outros, 2008).

Figura 11 - Estrutura navicular da diatomita amapaense exibidas por micrografia eletrônica.



Fonte: MEV, UFRN.

A figura 11, exibe informações sobre:

- a estrutura de poros, é possível observar uma porosidade altamente ordenada e hierárquica. As frústulas apresentam fileiras de poros dilatados e transversais bem definidos, que são fundamentais para a baixa densidade e alta capacidade de adsorção do material;

- o estado de conservação exibido, nota-se uma mistura de frústulas íntegras e fragmentadas. A presença de fragmentos menores e ripas silicosas espalhadas indica o estresse mecânico que o material passou (peneiramento).

- o tamanho das partículas, considerando a barra de escala de 10 µm (10 micrômetro), observa-se que a frústula central íntegra possui aproximadamente 40 a 50 µm de comprimento e cerca de 10 µm de largura em sua seção média.

- a imagem conta com magnificação, ou seja, a imagem foi obtida com um aumento de 10.0 kx, o que permite uma visualização detalhada da ultraestrutura sem perder o contexto da distribuição das partículas.

O MEV permite identificar as morfoespécies, medir o tamanho médio das partículas e dos poros, além de observar os interstícios e a disposição dos esqueletos de diatomáceas, verificando também se as cavidades porosas estão preenchidas (Bermudez C e Cárdenas A, 2021).

Em outras palavras, como afirmou Lira Júnior (p. 33, 2016), sobre o MEV, “essa técnica possui como função geral o estudo morfológico da superfície e dos grãos que compõem os materiais. Mais especificamente a investigação da forma e rugosidade dos grãos, a presença de fases não misturadas ou sintetizadas”.

Percebe-se que a microscopia eletrônica de varredura das amostras de diatomitas de Itaubal-AP, tratadas no laboratório do IFAP e analisadas no UFRN mostrou-se de acordo com o conteúdo exposto na parte teórica deste trabalho. Com potencial de aplicação, já que a alta porosidade visível confirma potencial como auxiliar de filtração e carga industrial como sugerido nos relatórios de análises químicas presentes no processo ANM nº 858.112/2017. E sua pureza visual, vez que a superfície parece relativamente limpa de argilominerais aderidos, sugerindo uma boa qualidade do depósito ou um processo de purificação eficiente (nesse caso calcinação a 1000 °C). No entanto, a presença de fragmentos heterogêneos reforça a natureza sedimentar e friável do material (quebradiço).

- Quanto à análise química por raios X (EDX), a Espectroscopia de Raios X por Dispersão de Energia (EDX) é aplicada para quantificar óxidos em pontos específicos que necessitam de análise (Borgel, 2007, citado por Bermudez C e Cárdenas A, 2021).

No contexto das análise mineralógicas, a EDX é direcionada para avaliar a composição elementar em áreas ligadas às frústulas das diatomáceas, com o objetivo de identificar os materiais finos presentes ou que ocupam essas cavidades porosas, determinando se trata de minerais argilosos ou de material diatomáceo fino que também pode preenchê-las (Bermudez C e Cárdenas A, 2021).

O quadro 10 mostra a composição química elementar da amostra de diatomita de Itaubal-AP detalhadamente o porcentagem de massa, a seguir expostos.

Quadro 10 - Resultados da fluorescência de raios X das composições químicas da diatomita de Itaubal-AP.

Analito	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
---------	------------------	--------------------------------	------------------	-----------------

Resultado	98,339%	1,201%	0,342%	0,118
-----------	---------	--------	--------	-------

Fonte: Amostras de diatomita de Itaubal-AP enviadas para análise de fluorescência de raio X no UFRN, cujo ensaio foi datado de 29 jul. 2025.

Conforme observado no quadro 10, o depósito de diatomita no Amapá apresenta componente majoritário de SiO<sub>2</sub>, ou seja, mais de 98% de sílica, além da baixa incidência de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> e SO<sub>3</sub>, o qual indica um baixo nível de contaminantes metálicos na amostra inicial. Esses resultados não levam em consideração a perda ao fogo. A presença do SiO<sub>2</sub> é semelhante aos estudos de Bedoya (2019), França e outros (2008) e Bermudez e outros (2021), apresentados no início deste trabalho.

A análise realizada por espectroscopia de raios X por dispersão de energia (EDX) revelou que as frústulas de diatomáceas presentes na amostra enviada (54 gramas, calcinada a 1000 °C, peneira de 100 mesh), quadro 10, possuem composição química elementar predominantemente formada por silício e oxigênio. Também foram identificados elementos-traço, ferro (Fe) e titânio (Ti). O enxofre (S) não é um elemento traço, mas todos estão associados à presença de impurezas minerais ou biológicas. A presença de enxofre (S) das amostras de Tacna estavam relacionadas às cinzas provenientes da atividade do vulcão Paipa (Bermudez C e Cárdenas A, 2021).

Bermudez C e Cárdenas A, 2021 fez análise de DRX nas amostras colombianas, e concluiu que como a fase vinculada à diatomita é amorfa, ela não apresenta reflexões diretas nos picos, já que a difração está relacionada a índices de estruturas cristalinas. Assim, o fato de ter gerado um gráfico demonstrou que o mineral identificado corresponde a um feldspato do tipo Anortoclásio (100%), possivelmente associado às concentrações de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e CaO observadas na análise química. Por outro lado, não foi possível relacionar a fase cristalina a uma concentração específica de Na<sub>2</sub>O, pois o equipamento utilizado não possui sensibilidade suficiente para detectar esse elemento.

O depósito de diatomita de Itaubal encontra-se vinculado a um processo administrativo na ANM (858.112/2017), com o detalhamento da poligonal da área e o estágio atual de autorização, que abrange desde a fase de requerimento de pesquisa, a fase em 2026 consta no site da ANM como no direito de requerer a lavra e tem como titular a senhora Tânia Maria Bezerra de Medeiros. Os resultados apresentados são frutos de análises disponibilizadas no Relatório Final Positivo apresentados ao processo já citado (quadros 6, 7 e 8).

Quadro 11 - Análises das propriedades químicas de 10 amostras da diatomita de Itaubal-AP realizadas pela empresa Diatomita Nacional, pelo Químico Responsável Carlos Rener do Nascimento, datado de 20/06/2017, adaptado.

	AM 1	AM 2	AM 3	AM 4	AM 5	AM 6	AM 7	AM 8	AM 9	AM 10
ÓXIDOS	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
SiO <sub>2</sub>	73.15	73.00	72.97	73.01	73.71	73.66	73.59	73.65	73.63	73.61
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.36	3.46	3.47	3.45	3.46	3.47	3.47	3.45	3.44	3.41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.30	0.35	0.36	0.34	0.33	0.32	0.33	0.34	0.35	0.37
TiO <sub>2</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05	0.03	0.05
SO <sub>3</sub>	1.41	1.43	1.43	1.42	1.40	1.41	1.40	1.39	1.42	1.40
K <sub>2</sub> O	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04
P.F.	21.72	21.70	21.71	21.72	21.02	21.07	21.14	21.08	21.10	21.12

Fonte: Relatório de análise físico-química, assinado pelo químico responsável Carlos Rener do Nascimento, datado de 20/06/2017, anexado ao processo ANM nº 858.112/2017 junto ao Relatório Final de Pesquisa Positivo, adaptado.

Realizado uma comparação do quadro 9 (Resultados do FRX das composições químicas da diatomita de Itaubal-AP.) com o quadro 6 (Análises das propriedades químicas de 10 amostras da diatomita de Itaubal-AP realizadas pela empresa Diatomita Nacional, pelo Químico Responsável Carlos Rener do Nascimento, datado de 20/06/2017, adaptado) notará que o percentual de sílica e dos outros 3 compostos químicos poderão ser representados da seguinte maneira.

Quadro 12 - Análise comparativa dos resultados de FRX com as análises feitas por Carlos Rener do Nascimento.

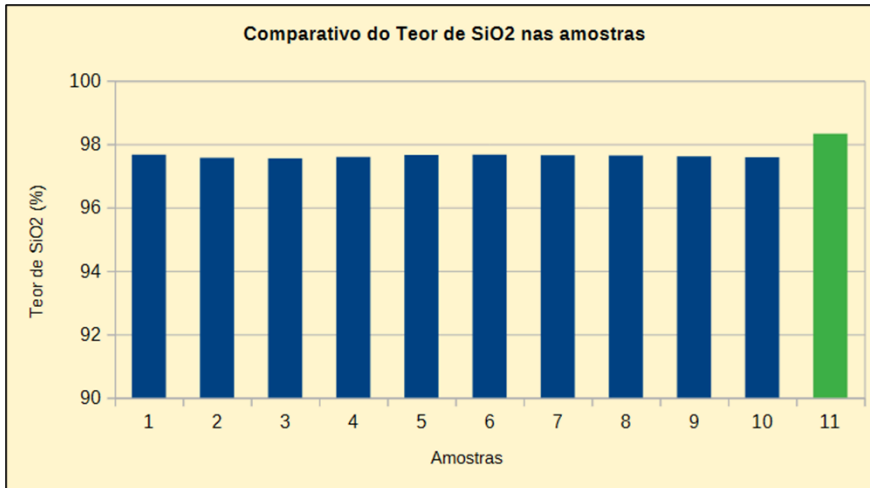
Comp. Químico	Am 1	Am 2	Am 3	Am 4	Am 5	Am 6	Am 7	Am 8	Am 9	Am 10	Am 11
SiO <sub>2</sub>	97,66	97,57	97,55	97,59	97,66	97,67	97,65	97,64	97,61	97,59	98,33
FeO <sub>3</sub>	0,40	0,47	0,48	0,45	0,44	0,42	0,44	0,45	0,46	0,49	1,201
TiO <sub>2</sub>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,07	0,04	0,07	0,342
SO <sub>3</sub>	1,88	1,91	1,91	1,90	1,85	1,87	1,86	1,84	1,88	1,86	0,118

Fonte: Professor/Me. Geólogo orientador deste trabalho.

Para chegar nesses resultados foi necessário realizar o seguinte: com os 4 compostos químicos presentes no FRX e a seleção dos mesmos compostos químicos das 10 amostras, redistribuindo a porcentagem total com os 4 compostos químicos, ignorando-se as demais impurezas, fez-se com que o resultado fosse com que o valor do quadro 9 se dividisse pelo

valores do quadro 6, individualmente nas 10 amostras e em seguida multiplicado por 100. A figura a seguir representa a variação da porcentagem de sílica disponível nessas amostras (Figura 12).

Figura 12 - Representação gráfica do quadro comparativo de dióxido de silício das 10 amostras constantes no quadro 12 com o resultado do FRX feito no UFRN.



Fonte: Orientador deste trabalho.

Em síntese, os resultados confirmaram que a diatomita de Itaupal apresenta estrutura navicular (MEV) e a predominância de sílica do tipo amorfa (FRX) com pequenas variações com relação às impurezas presentes em cada amostra.

Há ainda outras análises de EDX realizadas em Natal-RN pelo Técnico responsável Cláudio Fernandes da Silva e executado por Kerson Carlos Lima dos Santos, datados com início do ensaio em 29 de novembro de 2017 e término do ensaio em 11 de dezembro de 2017, das amostras de Itaupal, endereçadas a Tânia Maria Bezerra de Medeiros, titular do processo ANM nº 858.112/2017, contendo os seguintes dados.

Quadro 13 - Relatório de análise de materiais, resultado da análise química semiquantitativa das amostras AM 01 a AM 05, juntado e adaptado.

	AM 01	AM 02	AM 03	AM 04	AM 05
ÓXIDOS	%	%	%	%	%
SiO <sub>2</sub>	72,85	68,68	69,33	65,06	66,98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,45	4,08	3,70	12,55	3,54
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,39	0,30	0,83	1,28	0,64
SO <sub>3</sub>	1,46	1,70	1,77	0,95	3,00
TiO <sub>2</sub>	0,06	0,11	0,10	0,86	0,07

K <sub>2</sub> O	0,07	-	-	0,11	-
CaO	-	-	-	-	0,05
ZrO <sub>2</sub>	-	-	-	0,01	-
MnO	-	-	0,01	0,01	0,01
Br	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
P.F.	21,71	25,12	24,25	19,16	25,70

Fonte: 5 Relatórios de análises químicas semiquantitativas das amostras AM 01 a AM 05, referente ao processo ANM nº 858.112/2017, fornecido pelo Geólogo/Orientador deste trabalho.

Ressalte-se que foi respeitada a nota de rodapé do referido relatório que informa sobre a obrigatoriedade de reproduzir estes resultados de modo integral, sem nenhuma alteração. As 5 amostras objeto dessa última análise química por FRX (quadro 13) podem ser visualizadas na figura 13.

Figura 13 - Print das amostras presentes no relatório de análise de materiais por FRX.



Fonte: Relatório de análise / Labemat - processo ANM nº 858.112/2017.

O procedimento adotado foi o seguinte: “para a análise química, o material fornecido pelo cliente (Figura 01) foi quarteadado e analisado pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu”. Houve o esclarecimento de que “por limitação do método, somente elementos entre Na (11) e U (92) foram analisados”. Ressaltando que “a identificação do material foi fornecida pelo cliente”. E também “para a avaliação de perda ao fogo, o material primeiramente foi seco em estufa por 24 h em

temperatura de 110°C, posteriormente o mesmo material foi aquecido até 1000°C por 60 minutos”. Os resultados obtidos estão no quadro 13.

Se eventualmente o Amapá vier a realizar a lavra e processamento da diatomita de Itaúbal já se saberá que, conforme realizado em outras regiões do Brasil, a lavra poderá ser feita por extração por mergulhadores nas áreas alagadas e com possível rebaixamento do lençol freático antes de iniciar a lavra propriamente dita, feito isso a lavra provavelmente será a céu aberto por lavra em bancadas. O processamento envolverá a secagem natural (desde que em períodos de pouca ou nenhuma chuva no local), a separação de argilas (agitação e decantação em 24 a 72 horas, dependendo do clima), a calcinação em altas temperaturas e ensacamento do produto final seja *in natura* ou calcinada e fragmentada em granulometria adequada ao mercado a ser consumido (França e outros, 2008).

No geral, o depósito de diatomita em Itaúbal é extenso e em grande parte está localizado em “terra firme”, encontra-se bem compactado e os resultados das análises de mão se mostraram promissoras, semelhante ao que foi exposto nos relatórios de análise química presente no processo ANM nº 858.112/2017, estando dentro dos parâmetros esperados para caracterização da diatomita, tanto no Brasil quanto no mundo.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que este trabalho tinha como problemáticas o contexto geológico da diatomita de Itaubal-AP e as características da diatomita de Itaubal-AP nos seus aspectos mineralógicos e físico-químicos, conclui-se que este trabalho conseguiu responder a esses questionamentos. Observe:

O depósito de diatomita amapaense fica localizado no município de Itaubal, no estado do Amapá, às margens do Rio Piririm, podendo ser encontrado através do balneário do Sá. Quanto à geologia do depósito, pode-se afirmar que mais especificamente em Itaubal do Piririm, o rio Piririm está inserido em um contexto geológico de depósitos sedimentares recentes ligados a sistemas fluviais e flúvio-lacustres (Justo Neto e outros, 2025), e quanto à geologia do depósito em termos regionais, o contexto geológico do Amapá tem duas grandes unidades simplificadas: crosta antiga retrabalhada ou não e coberturas plataformais (IEPA, 2002 citado por Justo Neto e outros, 2025).

Com os ensaios laboratoriais no IFAP e na UFRN, pode-se caracterizar a diatomita de Itaubal nos seus aspectos mineralógicos e físico-químicos que concluiu que a diatomita do município de Itaubal, no estado do Amapá, segue as características de outras diatomitas espalhadas pelo mundo, é formada a partir de carapaças de algas diatomáceas fossilizadas e cuja mineralogia essencial é a sílica amorfa, bem como suas frústulas são do tipo navicular. A fração de 1,67 a 26,85% de impureza consiste basicamente em alumina, ferro, titânio e enxofre, dependendo de qual parte do depósito é analisada a amostra de diatomita. Outras impurezas foram encontradas. Ademais, apresentou coloração branca, rosada e cinza em poucas áreas comparadas com o todo e sua umidade ficou em aproximadamente 60,03%.

Com as análises de FRX e do MEV, obteve-se resultados que detalharam as características químicas e morfológicas da diatomita de Itaubal-AP. Através do primeiro ensaio pode-se demonstrar a alta porcentagem (predominância) de sílica ( $\text{SiO}_2$ ), elemento que confere propriedades de alta pureza e estabilidade. Bem como, identificou as principais impurezas como sendo do tipo dióxido de ferro (III), óxidos de titânio e trióxido de enxofre. O segundo equipamento (MEV) pode mostrar que se trata de diatomita do tipo navicular e a presença de poros bem definidos.

Ademais, as diatomitas de Itaubal-AP, como exposto pelo químico Carlos Rener do Nascimento (processo ANM nº 858.112/2017), tem potencial para uso como carga industrial e auxiliar de filtração, logo possui potencial econômico para sua extração e processamento.

A lavra e o processamento são possíveis, vez que as técnicas empregadas são conhecidas de profissionais que estudaram e atuam no Amapá, como Técnicos em Mineração, Tecnólogos em Mineração, Engenheiros de Minas e profissionais a fim.

Conclui-se ainda que, no todo, há mais conhecimento do que apenas os adquiridos em sala de aula, esse tema é muito abrangente, e as autoras poderiam ter realizado mais ensaios laboratoriais. Além do mais, o IFAP deveria providenciar equipamentos para futuras análises mineralógica, química e física de minerais, como o microscópio eletrônico de varredura (MEV), fluorescência de raio X (RFX), de difração de raio X (DRX) e o de Termogravimetria (TG), vez que sem eles os ensaios se tornam mais dependentes de instituições localizadas mais longe do IFAP e isso é um limitador da ampliação de análises mais diversificadas para estudos como o realizado neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **SIGMINE - Sistema de Informações Geográficas da Mineração**. Brasília: ANM, 2025. Disponível em: <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html%3Fid%3D6a8f5ccc4b6a4c2bba79759aa952d908>. Acesso em: 04 abr. 2025.

BEDOYA. Gualberto Tejada, Yacimiento de diatomita en tacna. **Ciencia & Desarrollo**, 7, 56-69. DOI: <https://doi.org/10.33326/26176033.2003.7.132> . Publicado aos 16 abr. 2019. Disponível em: <https://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/article/view/132/125> , acesso aos 07 out. 2025.

BERMUDEZ C., M. A.; CÁRDENAS A., M. C. **Identificación, caracterización y agregación de valor de la diatomita presente en la Formación Tiltá en el municipio de Tuta-Boyacá, para su aplicación en el campo de la nanotecnología**. 2021. Trabalho de Graduação (Geologia) – Universidad EAFIT, Medellín, 2021. Disponível em: [https://redcol.minciencias.gov.co/Record/REPOEAFIT2\\_2e14e72dda1d0393a8d35eb536ac6e0b](https://redcol.minciencias.gov.co/Record/REPOEAFIT2_2e14e72dda1d0393a8d35eb536ac6e0b), acesso aos 22 jan. 2026.

BRANCO, Pércio de Moraes. **Os muitos usos do diatomito**. Brasília, DF: SGB, 18 ago. 2014. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/os-muitos-usos-do-diatomito>. Acesso em: 4 abr. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração (ANM). **SIGMINE: Sistema de Informações Geográficas da Mineração**. Brasília, DF: ANM, 2025. Disponível em: <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6a8f5ccc4b6a4c2bba79759aa952d908>. Acesso em: 4 abr. 2025.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil (SGB). **Geologia básica**. Brasília, DF: SGB, [202-?]. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/geologia-basica>. Acesso em: 4 abr. 2025.

CASTELLAR-ORTEGA. Grey Cecilia; ESPINOSA-MONTAÑO. Shyama Carolina; CELY-BAUTISTA. Maria Mercedes; ÂNGULO-MERCADO. Edgardo Ramón; RAMILLO-COLPAS. Javier Enrique, Termodinámica y cinética de la remoción del corante cristal violeta sobre diatomita. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, 41, 1-16, 2025, <https://doi.org/10.20937/RICA.55010>. Disponível em: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php%3Fscript%3Dsci\\_arttext%26pid%3DS0188-49992025000100100](http://www.scielo.org.mx/scielo.php%3Fscript%3Dsci_arttext%26pid%3DS0188-49992025000100100), acesso aos 10 out. 2025.

COSTA. Raniere Fernades; FERREIRA. Alysson Dantas; SILVA JUNIOR. José Jorge da; BARBOSA. Pedro Mateus Aguiar; BANDEIRA. Diego José Araújo; REZENDE. Maria Luiza de Souza; NASCIMENTO. José Jefferson da Silva, Secagem de placas cerâmicas híbridas argila/rejeito de diatomita: um estudo experimental. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 8, e1451017174, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/download/17174/15317>, acesso aos 24 out. 2025.

ESPINOZA. Iván Borgel, **Caracterización del yacimiento de diatomita de Loma Larga, municipio de Acatlán, Hidalgo y evaluación de sus aplicaciones alternas**. 2007. Tese (Doutorado) – Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, 2007. (2007).

Disponível em:

<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/jspui/bitstream/231104/501/1/Caracterizacion%2520del%2520yacimiento%2520de%2520diatomita.pdf>, acesso aos 15 jan. 2026.

FONSECA. Luis A.; TRUJILLO-CASTRO. Emanuel; PEÑA-RODRÍGUEZ. Gabriel, Tortuosidad y permeabilidad de materiales cerámicos mesoporosos de caolín y diatomita. **Revista UIS Ingenierías**, Bucaramanga. Vol. 18 n. 1, pp. 111-118, 2019, ISSN impreso: 1657 -4583, ISSN en línea: 2145 -8456, CC BY-ND 4.0, doi:10.18273/revuin.v18n1-2019009, [revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingeneria](https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingeneria). Disponível em: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenerias/article/view/7047>, acesso aos 21 jan. 2026.

FRANÇA. Silvia Cristina Alves; LUZ. Adão Benvindo da; INFORÇATI. Paulo Francisco, **Rochas & Minerais Industriais: usos e especificações, capítulo 20 - Diatomita**, 2ª Ed. Revisada e ampliada, CETEM, 2008. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/1109&ved=2ahUKEwi08YPPxbOSAxULkpUCHT22FwIQFnoECBoQAQ&usq=AOvVaw2RmBjYJC22S2yHpbHTC6Ir>, acesso aos 18 set. 2025.

JUSTO NETO. Antônio; FERREIRA. Gabriel Farias; OLIVEIRA. Marcos Fabrício Chagas de, **Geologia dos depósitos de diatomita do Rio Piririm Itaúbal do Piririm/AP**. Orientador: Sandro Rogério Balieiro de Souza. Curso Técnico em Mineração, Instituto Federal do Amapá, Campus Macapá, 2025. Acesso aos 31 jan. 2025.

KLEIN. Zander Henrique de Lima, Caracterização química e mineralógica de diferentes rochas de origem sedimentar e magmática. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, [s. l.], v. 11, n. 10, p. 90-103, out. 2019. ISSN: 2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-agricola/origem-sedimentar>, acesso aos 21 jan. 2026.

LIRA JÚNIOR. Paulo Rogério de Freire, **Levantamento de aplicações da diatomita como suporte catalítico**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/bitstreams/1d1b7775-f8a1-4c99-92ab-4ec5ab15785f/download>, acesso aos 29 jan. 2026.

MENEGON. Rosane Olivo; NEVES JUNIOR. Alex, Estudo do uso da carbonatação acelerada em pastas de cimento portland usando resíduos de diatomita recuperados. **E&S – Engineering and Science**. 2018, 7:1. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/5594>, acesso aos 24 out. 2025.

NASCIMENTO. Carlos Wagner Rodrigues do; PEREIRA. Marcos Gervasio; SILVA NETO. Eduardo Carvalho da; PINHEIRO JUNIOR. Carlos Roberto; NUMMER. Alexis Rosa, **Fatores de formação do solo no estado do Rio de Janeiro**. Solos do Rio de Janeiro: gênese, classificação e limitações ao uso agrícola. Seção 1. Capítulo 1 – Material e Origem. 2023. Disponível em: <https://archive.org/details/solos-do-rio-de-janeiro-genese-classificacao-e-limitacoes-ao-uso-agricola>, acesso aos 21 jan. 2026.

OÑA-CHAVES, C. A.; VERLIZ-RIVADENEIRA, J. M. Performance of diatomite stabilized subbase granular material. **Journal Scientific MQR Investigar**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 1563-1586, 2024. DOI: <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.2.2024.1563-1586>. Disponível em: <https://www.investigarmqr.com/ojs/index.php/mqr/article/view/1308>. Acesso em: 15 jan. 2026.

PLETSCH, Úrsula Maria, **Terminologia da Geologia: Um estudo descritivo para a tradução**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos. São Leopoldo, 2012. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/3334>, acesso aos 13 jan. 2026.

REKA. Arianit A.; PAVLOVSKI. Blagoj; FAZLIJA. Emira; BERISHA. Avni; PACARIZI. Musaj; DAGMEHCHI. Maria; SACALIS. Carmem; JOVANOVSKI. Gligor; MAKRESKI. Petre; ORAL. Ayhan, Diatomaceous Earth: characterization, thermal modification, and application. **Open Chemistry**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 451-461, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1515/openchem-2021-0223>. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/openchem-2021-0223/html>. Acesso em: 15 jan. 2026.

SANTOS. E. A.; MELO. M. A. F.; MELO. D. M. A.; FREITAS. J. C. O.; MARTINELLI. A. E., **Influência da adição de diatomita nas propriedades de pastas geopoliméricas: volume de filtrado, tempo de espessamento e resistência à compressão**. Departamento de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. *Cerâmica*, [S.L.], v. 61, n. 359, p. 309-316, set. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132015613591922>. 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/items/a5e152c7-a641-47c0-83b0-907b6d20b45e>, acesso aos 24 out. 2025.

WINGE, M. et al. (ed.). **Glossário geológico ilustrado**. [S. l.]: SIGEP, 2001. Disponível em: <https://sigep.eco.br/glossario/>. Acesso em: 4 abr. 2025.