

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Caracterização das amostras de areias eólicas da  
coleção didática do Instituto de Geociências da  
Universidade de São Paulo**

**ISABELA DE SOUZA LIMA**

Monografia do Trabalho de Formatura 2022 - TF 23/22  
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Christine Laure Marie Bourotte

SÃO PAULO  
2022

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado força e determinação para continuar até aqui, segundamente agradeço aos meus pais, Eliana e José por ter me dado apoio e oportunidade de conseguir ingressar em uma universidade pública e integral, vindo de uma família humilde em que poucas pessoas são formadas, e ao meu irmão Rodolfo por todo incentivo e apoio neste período. Agradeço também meu companheiro Alexandre que me acompanhou todos os dias nestes longos anos, que me ajudou diversas vezes e também foi meu colo pra choros e desesperos.

Agradeço meus amigos, sem eles esses anos não seriam os mesmos, pela companhia, risadas e pelos desafios vividos durante a graduação... e claro, a todos os professores que estiveram presentes em todo o processo de ensino, sem eles, nada disso seria possível. Agradeço à professora Dra. Christine L.M. Bourotte, por toda a paciência, dedicação, atenção, ensinamento, companhia e risadas durante este ano, com isso, agradeço também o Isaac Jamil Sayeg pelos longos períodos no MEV, por todo o ensinamento passado, pela atenção e dedicação ao seu trabalho e pelas risadas durante as sessões, deixando tudo mais leve, assim como o Flávio Machado de Souza Carvalho do DRX, por toda atenção nas longas semanas passadas na frente do computador tentando entender mais sobre esse mundo das areias.

Sendo assim, um grande agradecimento a todos os envolvidos de maneira direta e indireta nesses anos, sou muito grata a esse período tão importante!

## **RESUMO**

O acervo de amostras de sedimentos do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo é significativo e conta com amostras de diversas regiões do mundo. Este trabalho tem como objetivo estudar amostras de areias eólicas deste acervo, ou seja, sedimentos na fração areia (0,063 a 2 mm) que são transportados pelo vento, de regiões desérticas e costeiras.

As localidades do estudo são divididas em dunas desérticas, que contam com amostras das regiões da Austrália, Chile, Egito, Emirados Árabes Unidos, Marrocos, USA, Arabia Saudita, Bolívia, Israel, Irã e dunas do litoral brasileiro dos Estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Rio Grande do Norte e Tocantins.

O estudo destes sedimentos foi realizado por meio de análises granulométrica, análise mineralógica, análise por fotomicrografia e uma análise morfoscópica por microscopia eletrônica de varredura. Foi realizado também um levantamento do contexto geológico e climático da área de coleta das amostras a partir do levantamento de artigos científicos e outros materiais bibliográficos.

O objetivo final, além de poder classificar cada depósito eólico mais precisamente, comparar as características dos grãos dos depósitos entre si, observar as diferenças dos depósitos eólicos desérticos e tropical é poder complementar os dados disponibilizados no catálogo da coleção didática, assim como, servir de subsídio para gerar conteúdos para o desenvolvimento de atividades didáticas e material para ensino e divulgação na área de Sedimentologia e integrar diversas áreas do conhecimento, como Geografia, Física, Química e Ciências, atingindo um maior público.

## **ABSTRACT**

The collection of sediment samples of the Institute of Geosciences of the University of São Paulo is significant and has samples from several regions of the world, this work aims to study samples of eolic sands, i.e., sediments in the sand fraction (0.063 to 2 mm) that are transported by the wind, from desert and coastal regions.

The study locations are divided into desert dunes, which have samples from the regions of Australia, Chile, Egypt, United Arab Emirates, Morocco, USA, Saudi Arabia, Bolivia, Iraq, and Iran, and coastal dunes of the Brazilian coast of the States of Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Rio Grande do Norte, and Tocantins.

The study of these sediments will be through granulometric analysis, mineralogical analysis, analysis by photomicrography and a morphoscopic analysis. Also a survey of the geological and climatic context of the area where the samples were collected will also be carried out, based on scientific articles and other bibliographic material.

The final goal, besides being able to classify each aeolian deposit more precisely, to compare the characteristics of the grains of the deposits among themselves, to observe the differences between the desert and coastal aeolian deposits, is to complement the data available in the catalog of the didactic collection, as well as to generate content for the development of didactic activities and material for teaching and dissemination Sedimentology study area and to integrate various scientific areas of knowledge, such as Geography, Physics, Chemistry and Science, reaching a wider audience.

# **Sumário**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	5
<b>2. OBJETIVO E JUSTIFICATIVA</b>	9
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	9
<b>3.1 Métodos</b>	9
<b>3.1.1 Registro fotográfico com Estereomicroscópio</b>	10
<b>3.1.2 Análise Granulométrica</b>	11
<b>3.1.3 Difratometria de Raios X</b>	12
<b>3.1.4 Microscopia Eletrônica de Varredura</b>	13
<b>4. RESULTADOS</b>	14
<b>4.1 Caracterização das Áreas de Origem das Amostras</b>	14
<b>4.2 Registro fotográfico com Estereomicroscópio</b>	15
<b>4.3 Análise Granulométrica</b>	18
<b>4.4 Difratometria de Raios X</b>	22
<b>4.5 Análise por Microscopia Eletrônica de Varredura</b>	24
<b>4.6 Fichas</b>	29
<b>5. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	30
<b>5.1 Dunas de Clima Desértico</b>	30
<b>5.2 Dunas de Clima Tropical</b>	32
<b>6. CONCLUSÃO</b>	34
<b>REFERÊNCIAS</b>	34
<b>APÊNDICES</b>	42
<b>APÊNDICE B</b>	

## 1. INTRODUÇÃO

Sedimento é definido como uma partícula, fragmento de rocha de origem biogênica ou mineral. Os sedimentos terrígenos são formados por fragmentos de materiais derivados de outras rochas, sejam elas sedimentares, metamórficas e/ou ígneas, que passam primordialmente por um processo de intemperismo químico ou físico (Suguio, 2003).

As areias são partículas cujo tamanho varia entre 0,063 e 2 mm (Fig. 1), produtos de desintegração de rochas. Sendo assim, as características destes fragmentos contam a história de todo seu percurso e dos processos pelo qual eles passaram, desde sua formação, intemperismo, transporte até sua deposição. Esses processos podem ser estudados por meio das suas propriedades mineralógicas (químicas), texturas (físicas) e paleontológicas (biológicas), e por técnicas como microscopia óptica, peneiramento, microscopia eletrônica de varredura e Difratometria de Raios X, entre outras.

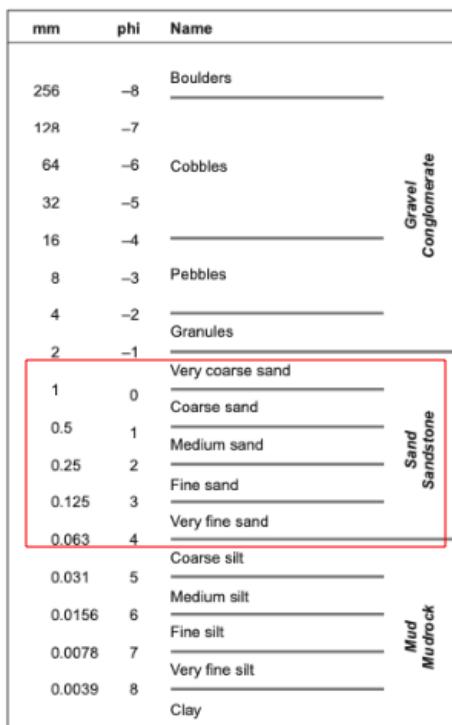


Figura 1: Escala Granulométrica com destaque para a fração areia. Fonte: Nichols (2009).

O termo "eólico" é usado para descrever os processos de transporte pelo vento de sedimentos finos até o tamanho da areia. Sistemas eólicos são aqueles em que os depósitos são compostos principalmente de material transportado pelo vento, e ocorrem geralmente em climas desérticos e algumas regiões costeiras (Nichols, 2009).

Em geral, as dunas são muito comuns em áreas litorâneas, como as que ocorrem na costa do Brasil, como no Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte, Sergipe, Alagoas, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, etc, mas também podem ocorrer em áreas continentais e em regiões desérticas, como no norte e sudoeste da África (Saara e Namíbia) e na Ásia (Fig. 2). Em suma, os campos de dunas podem ser costeiros ou continentais (Suguio, 1998).

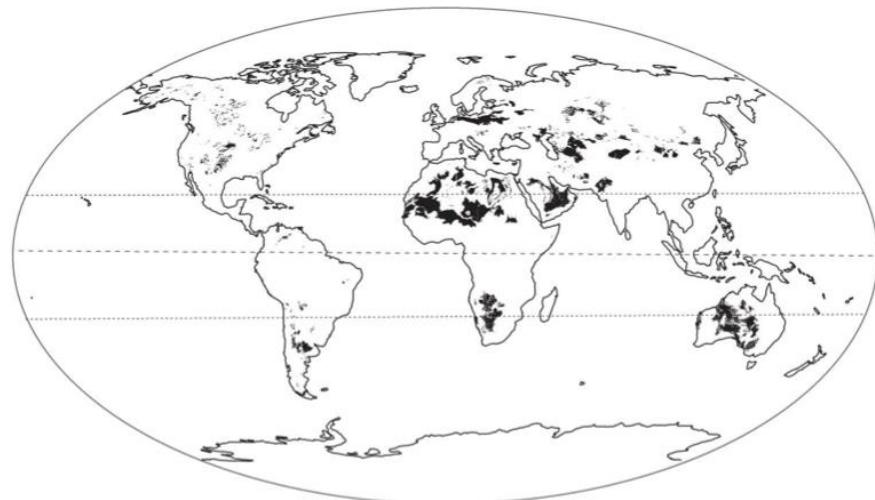


Figura 2: Extensão dos principais campos de dunas no mundo. Fonte: Lancaster (2021).

O clima desértico ocorre quando a evaporação supera a precipitação, onde o vento acaba sendo o principal processo de erosão, transporte e sedimentação, porém, não exclusivo, pois sedimentos também podem ocasionalmente ser transportados por rios e lagos temporários (Suguio, 2003).

Os ventos se movem simplificadamente de regiões de alta pressão para regiões de baixa pressão, e a circulação de ar na atmosfera já é controlada pela diferença de temperatura, sendo assim, a diferença de temperatura do equador para os polos, faz com que nos pólos, o ar desça e no equador o ar suba para atmosfera, gerando uma circulação entre o equador e os polos (Nichols, 2009).

Nos sistemas eólicos o vento é o agente de transporte dos sedimentos, ele tem a capacidade de fazer com que sedimentos saltem ou sejam carregados para regiões mais distantes por suspensão. Granulações acima de areia grossa são mais difíceis de serem transportadas pelo vento, já partículas menores são mais facilmente transportadas pelo vento, silte e argila são transportadas por suspensão e são depositadas quando o vento diminui de velocidade (Nichols, 2009). As dunas eólicas possuem um comprimento de onda que pode variar de 3 a 600 m e com altura que pode variar de 10 cm a 100 m, migrando por saltação (Fig. 3).

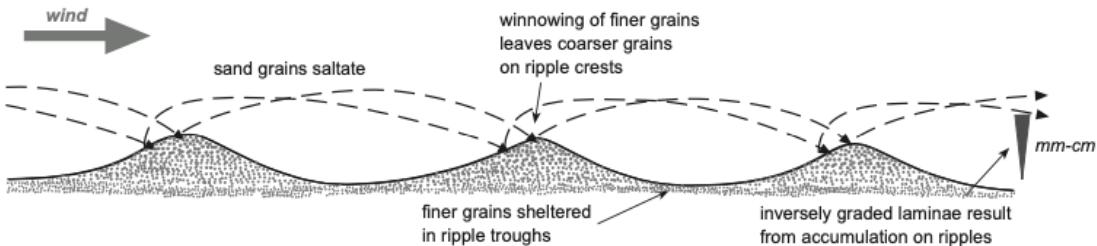


Figura 3: Transporte de areias eólicas. Fonte: Nichols, 2009.

Em clima desérticos também pode ter depósitos do tipo "reg" localizado entre dunas, que são compostos por sedimentos mais grossos, como areia grossa e cascalho, são sedimentos que não conseguem ser carregados pelo vento e permanecem "in situ" em relação aos sedimentos mais finos que são carregados para distâncias maiores. (Suguio, 2003).

Segundo Gardner (1983), Brooke (2001) e Abegg et al. (2001), as areias eólicas são divididas em quatro grupos i) areias ricas em carbonatos, derivadas de rochas carbonáticas, ii) areias ricas em caulinita, iii) areias vulcanoclásticas, de composição máfica, iv) areias quartzo feldspáticas, derivadas de rochas ígneas e/ou metamórficas.

Para classificar as areias, estudos mais detalhados como análise da granulometria do grão, mineralogia, forma, cor e textura são necessários (Lancaster, 1995). O tamanho dos grãos e sua forma ajudam a classificar os padrões de dunas que são relacionadas com o regime de vento (pode determinar dunas do tipo crescente, linear e estrela), a disponibilidade de sedimento em relação a sua capacidade de transporte, a geometria da área fonte, a extensão do campo de duna e as condições preexistentes, como períodos de cobertura vegetal, etc.

Segundo Lancaster e Nigel (2021) e Nichols (2009) os padrões de dunas são:

i) Dunas barcanas: ocorrem em regiões onde os ventos são moderados e unidireccionais e possuem um estoque de areia limitado, possuem forma de meia lua e concavidades voltadas para o sentido do vento, podem ser encontradas no litoral do Brasil onde a vegetação limita o fornecimento de areia (Fig. 4a);

ii) Dunas parabólicas: diferentemente das barcanas, possuem extremidades mais fechadas e suas concavidades são voltadas no sentido oposto do vento, são mais comuns em regiões onde o regime de vento é mais forte e constante e um fornecimento de areia maior que o anterior (Fig. 4f).

iii) Dunas estrelas: ocorrem em grandes desertos, com uma maior disponibilidade de areia e com ventos fortes, constantes e que variam de direção (Fig.4e).

iv) Dunas transversais: necessitam de um grande aporte de areia, ventos constantes e unidirecionais, em clima desértico podem formar mares de areia e em zonas costeiras podem estar associados a lagos. Sua estrutura é perpendicular à direção do vento.

v) Dunas lineares: são semelhantes a dunas estrelas, porém o regime de vento é unidirecional, comuns em grandes desertos de areia, como na África do Sul (*seif*), são paralelos em direção ao vento e possuem grande extensão (Fig. 4c e 4d).



Figura 4: Alguns padrões de dunas, imagens de satélite. a) Duna barcanas (Marrocos); b) Duna crescentes (White Sands, Novo México); c) Duna lineares com influência da vegetação (Kalahari, Namíbia); d) Duna linear; e) Duna estrela (leste de Rub al Khali, Arábia Saudita); f) Duna parabólica (White Sands, Novo México). Fonte: Nichols e Nigel (2021).

No Brasil, segundo Giannini et al., (2008), os principais campos de dunas no Brasil são transgressivas (dunas livres) e vegetadas (dunas vegetadas). As dunas livres possuem orientação transversal ao vento efetivo, via de regra elas miram para o interior do continente,

são encontradas principalmente nos Lençóis Maranhenses até o extremo sul do Rio Grande do Norte, próximo a região de desembocadura do Rio São Francisco, em Cabo Frio (RJ) e entre a ilha de Santa Catarina; nas demais regiões as dunas vegetadas predominam.

## **2. OBJETIVO E JUSTIFICATIVA**

A falta de materiais didáticos em Geociências e a insuficiência de cultura geológica dos alunos do ensino Fundamental e Médio e da população em geral motivaram a proposta de criação da coleção de sedimentos e catálogo *online*, para que seja acessível pelos professores e o público em geral, despertando o interesse para o estudo de geociências. O acervo de amostras de sedimentos é significativo e a coleção conta com areias de diversas localidades do mundo, do Brasil e de todo o litoral do Estado de São Paulo, e vem sendo desenvolvido desde 2010. Hoje o acervo alimenta também a coleção de materiais didáticos do IGc-USP e permite fornecer amostras para oficinas de divulgação bem como ilustrar diferentes sistemas sedimentares (rios, praias, dunas, desertos, por exemplo) e diferentes contextos geológicos (vulcânicos, recifes carbonáticos, rochas cristalinas etc.) em atividades práticas de disciplinas oferecidas pelos cursos de Bacharelado em Geologia e Licenciatura em Geociências e Educação Ambiental.

O presente trabalho tem como objetivo a caracterização das amostras de areias eólicas da coleção didática do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, visando: i) complementar os dados disponibilizados no catálogo para as amostras da coleção didática e ii) servir de subsídio para gerar conteúdos para o desenvolvimento de atividades didáticas e produção de material para ensino e divulgação na área de Sedimentologia, a serem disponibilizado para *download* no *website* da coleção do Instituto de Geociências (<https://areias.igc.usp.br/>).

Assim, o trabalho consiste em: i) pesquisa bibliográfica sobre contexto geológico e climático da região onde foram coletadas as amostras a serem estudadas, ii) análise granulométrica, iii) análise mineralógica por Difratometria de Raios X e iv) seleção e análise da textura dos sedimentos por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Métodos**

O estudo de areias eólicas pode ser realizado empregando vários métodos tais como análise morfológica e morfoscópica (estudo da forma e superfície dos grãos), análise

granulométrica e análise mineralógica. Além disso, foi realizado um levantamento do contexto geológico e climático da área de coleta das amostras a partir de referências encontradas em artigos científicos e outros materiais bibliográficos.

Para a análise dos sedimentos eólicos foram utilizados os seguintes métodos: i) registro fotográfico com estereomicroscópio, ii) análise granulométrica, iii) análise mineralógica por Difratometria de Raios X, e iv) análise morfoscópica por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

A coleção didática do IGc possui amostras de clima desértico e tropical provenientes da Austrália, Chile, Emirados Árabes, Marrocos, USA, Bolívia e Brasil (Fig. 5), e novas amostras recém chegadas provindas do Israel e Irã.

A maioria das amostras são incorporadas à coleção após doação e são geralmente coletadas em superfície e em quantidades muito variadas.

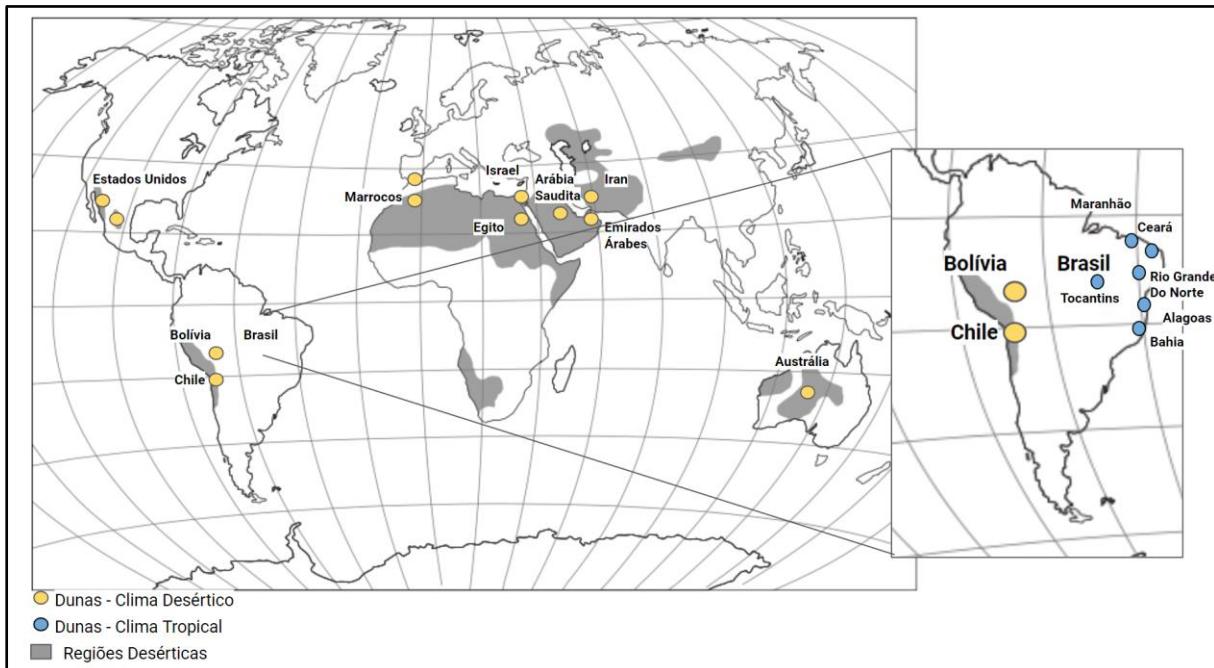


Figura 5: Localização das amostras da Coleção Didática do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Mapa elaborado com base no mapa de Nichols (2009).

### **3.1.1 Registro fotográfico com Estereomicroscópio**

As fotos das amostras da coleção didática do IGc foram obtidas usando o estereomicroscópio da Zeiss (Stemi 2000C) acoplado a um sistema de aquisição de imagens (AxioCam ERc 5s) com aumentos variando de 6,5 até 50 vezes e com resolução de cinco megapixels (Quadro 1 e 2). A observação do sedimento no estereomicroscópio permite ilustrar

e complementar a análise granulométrica para determinar o grau de seleção, arredondamento e aspectos dos grãos que devem constar como características texturais na descrição da amostra.

A análise das fotomicrografias possibilita uma visão geral das areias eólicas e observar algumas feições que posteriormente serão comprovadas ou não pelas análises seguintes mais detalhadas. A coloração das areias reflete por exemplo sua composição mineralógica ou o seu grau de maturidade: areias mais translúcidas costumam ser mais maduras contendo mais quartzo na sua composição, sendo o mineral que mais resiste ao intemperismo, tendo menos minerais menos resistentes, como feldspato e carbonatos (Blatt et al., 1972; Pettijohn et al., 1972). Coloração mais amareladas costumam ser encontradas em sedimentos de desertos modernos, por exemplo, minerais como a goethita que ocorre revestindo grãos de areia, podendo sofrer oxidação e dar origem a hematita, podem dar coloração mais avermelhada em sedimentos eólicos (Nichols, 2009). Cores opacas e alaranjadas que são geradas pela redução de óxidos de ferro são mais improváveis de se encontrar em desertos modernos, por ser uma região mais oxidante e não redutor (Nichols, 2009).

### **3.1.2 Análise Granulométrica**

Para sedimentos na fração areia, utiliza-se uma separação mecânica em diferentes classes de tamanho e pesagem de cada fração. Assim a análise granulométrica é feita por peneiramento (Fig. 6) do material seco em coluna de peneiras com malhas de abertura decrescente do topo para a base (de 2,000 mm (-1,0 φ) até 0,062 mm (4,0 φ)).

Após a pesagem inicial da amostra que será analisada, deve-se depositar o material seco na peneira superior (malha mais grossa), acoplar o conjunto de peneiras (Fig. 6c) em um vibrador acondicionado em caixa (Fig. 6a) que serve para amenizar o ruído da vibração, calibrar o vibrador entre 70 e 80% da sua capacidade máxima, e aguardar por cerca de 15-20 minutos.

Após aguardar o tempo de peneiramento, deve-se utilizar pincéis e escovas limpos para retirar todo material retido em cada peneira que será pesado em uma balança analítica (BEL Engineering) que possui leitura de 4 dígitos após a vírgula (0,0001 g), após a pesagem, anotar o valor em uma ficha (Fig. 6f) e transferir todo o material para envelopes feitos em folha A3 (Fig. 6b) devidamente identificados com código da amostra e fração granulométrica de cada peneira.



Figura 6: Ilustração dos equipamentos utilizados na análise granulométrica por peneiramento. a) peneiras acopladas a caixa para amortecimento de ruídos e vibrações; b) preparação dos envelopes para armazenamento das amostras; c) conjunto de peneiras; d) retirada das frações retidas em cada peneira; e) balança analítica; f) ficha utilizada.

A análise granulométrica, além de fornecer a distribuição do tamanho dos grãos (média, mediana, moda), traz outros parâmetros estatísticos importantes como seleção (desvio padrão), assimetria e curtose, que refletem os processos de transporte e deposição dos sedimentos estudados, onde os parâmetros foram gerados pela Tabela Momento disponibilizada pelo LABSED ( Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).

### 3.1.3 Difratometria de Raios X

A Difratometria de Raios X permite identificar os minerais constituintes das amostras estudadas, contribuindo para uma melhor caracterização de cada depósito eólico e comparação das amostras entre si.

Inicialmente as amostras foram preparadas utilizando um almofariz de ágata (Fig. 7a) para transformar as areias em pó (Fig. 7b), e foram armazenadas em pequenos frascos de plástico devidamente identificados com o código das amostras (Fig. 7c) para serem analisadas no Laboratório de Difração de Raios X – LDRX do NAP GeoAnalítica do Instituto de

Geociências, equipado com um Difratômetro de pó Siemens modelo D5000 com detector de cintilação e óptica fixa, que possui também geradores de Raios X e câmeras de difração para amostras em pó ou monocrstais (Debye-Scherer e Guinier, Gandolfi, câmera de precessão) e um Difratômetro Bruker Modelo D8 Advance Da Vinci com detector LYNXEYE e ótica TWIN-TWIN.



Figura 7: Ilustração dos equipamentos utilizados na preparação das amostras para análise de Difração de Raios X.  
a) Fração de areia no almofariz de ágata; b) moagem até a fração virar pó; c) armazenamento das amostras.

### 3.1.4 Microscopia Eletrônica de Varredura

A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), utilizada no presente estudo, é um tipo de microscopia em que um feixe de elétrons focalizado varre a superfície da amostra, e, após interagir com a matéria, consegue gerar diferentes tipos de sinais que podem oferecer informações sobre a morfologia e composição química do material.

Para o estudo morfoscópico foram selecionadas 8 (Fig.8) amostras representativas, cinco delas são de clima desértico, Australia, White Sands - USA, Deserto do Atacama - Chile, Yazd - Irã, Mhamid- Marrocos e três do Brasil, Lagoa Azul - MA, Mangue Seco - BA, Jalapão - TO, para serem analisadas no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV, onde o objetivo é obter imagens ampliadas para análise da textura dos grãos.



Figura 8: Ilustração dos equipamentos utilizados na preparação das amostras para a Microscopia Eletrônica de Varredura X. a) Amostras na estufa; b) Amostra sendo fixada nos stubs; c) Tirando os grãos soltos do stub; d) Amostras preparadas.

O Modelo do Microscópio eletrônico de varredura utilizado é o LEO 440 (da marca LEO Electron Microscopy Ltd) equipado com detetor de elétrons secundários (SE) e um detector de elétrons espalhados (BSE), um espectrômetro por energia dispersiva de Raios X (EDS) com detector de estado sólido do tipo Si (Li) comandado pelo software Inca 300 da marca Oxford Instruments Ltd.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Caracterização das Áreas de Origem das Amostras

A caracterização das áreas de origem das amostras da coleção didática do IGc foi realizada por meio de pesquisas bibliográficas e acesso a sites das regiões que são parques nacionais. A compilação das informações estão compiladas no Apêndice B referente às fichas, com fotos das regiões/locais de coleta, mapa geológico, fotomicrografias, e os dados de granulometria e mineralogia de cada região. Isto serviu de subsídio para elaborar fichas de identificação de cada amostra de uma maneira didática para disponibilização no catálogo da coleção didática, gerar conteúdo para o desenvolvimento de atividades didáticas e servir de material para ensino e divulgação da Geociências.

A região de Uluru na Austrália é formada predominantemente por arenito arcosiano (Bragas, 2004), localizada na placa australiana que atualmente se move em direção ao sudeste

da Ásia, já o Vale da Lua no Chile é classificado como "bacia e cordilheira" (Goudie, 2013), cercada por rochas da Era Mesozóica e depósitos do Neógeno, inserido em um sistema de margem convergente na Cordilheira dos Andes. Nos Estados Unidos, a região de White Sands tem sua história geológica iniciada no Permiano e a região do Death Valley desde o Paleoproterozóico ao Cretáceo, inseridos na placa Norte Americana de tectônica ativa.

A região do Israel, Arábia Saudita e Emirados Árabes é delimitada predominantemente montanhas de idade Mesozóica inseridos na Placa Arábica em um cenário tectonicamente ativo, assim como todo oriente médio, já as regiões do Irã, Marrocos e Egito estão inseridos em um embasamento e terrenos sedimentares de idade Pré-cambriana, Marrocos e Egito estão inseridos na Placa Africana em contato com a placa Arábica, Sul-Americana, Indiana, Eurasiática, Caribe, Australiana e placa Antártida.

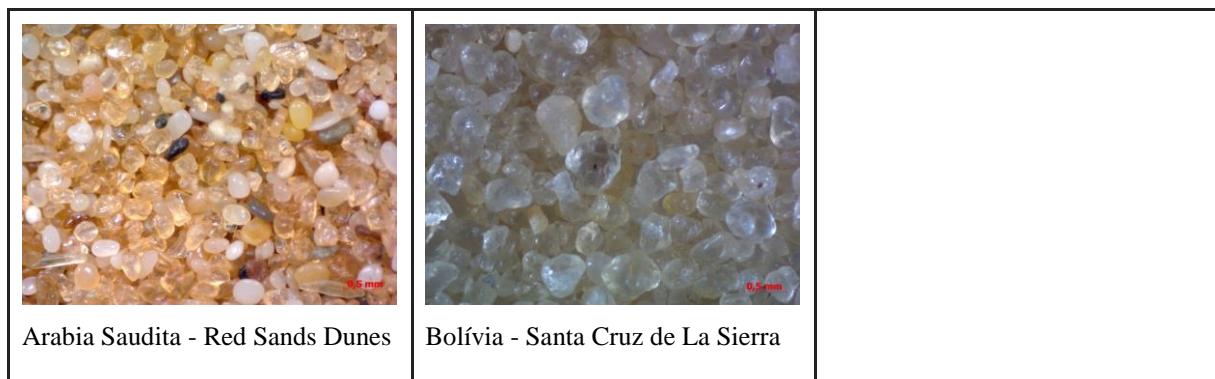
Já a região das dunas costeiras no Brasil possui uma grande expressão de depósitos Quaternários, na faixa das dunas costeiras de rochas sedimentares, principalmente de arenitos, folhelhos, siltitos e rochas quartzíticas e carbonáticas, mais detalhadas no Apêndice B.

#### **4.2 Registro fotográfico com Estereomicroscópio**

O registro fotográfico das amostras de clima desértico e clima tropical da coleção didática foi complementado, de modo a auxiliar na interpretação mineralogia de cada região onde a composição mineralógica geralmente confere a cor ao sedimento: bege quando rico em quartzo, branco se rico em gipsita, avermelhado ou alaranjado quando há presença de uma película de óxidos de ferro na superfície dos grãos (Gardner e Pye, 1981; Engelbrecht et al., 2009b).

Quadro 1: Amostras Internacionais de clima desértico, aumento de 20x.





Quadro 2: Amostras Nacionais de clima tropical, aumento de 20x.





#### 4.3 Análise Granulométrica

Os resultados das análises granulométricas das amostras de clima tropical mostram que a maioria delas possui grãos com tamanhos que variam de 0,5 a 0,25 mm, o que corresponde a fração de areia média (Fig. 9). No entanto, para as amostras da Lagoa dos Peixes e Olho d'água nos lençóis maranhenses (MA) e para Mangue seco (BA), o tamanho dos sedimentos varia entre 0,25 a 0,125 mm correspondente a fração de areia fina e as amostras da Base do Morro do Careca (RN) e de Jericoacoara, Pôr do Sol (CE) apresentam grãos na fração Areia Grossa (1,0 a 0,5 mm). Os dados foram gerados por meio da Tabela Momento disponibilizada pelo Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências.

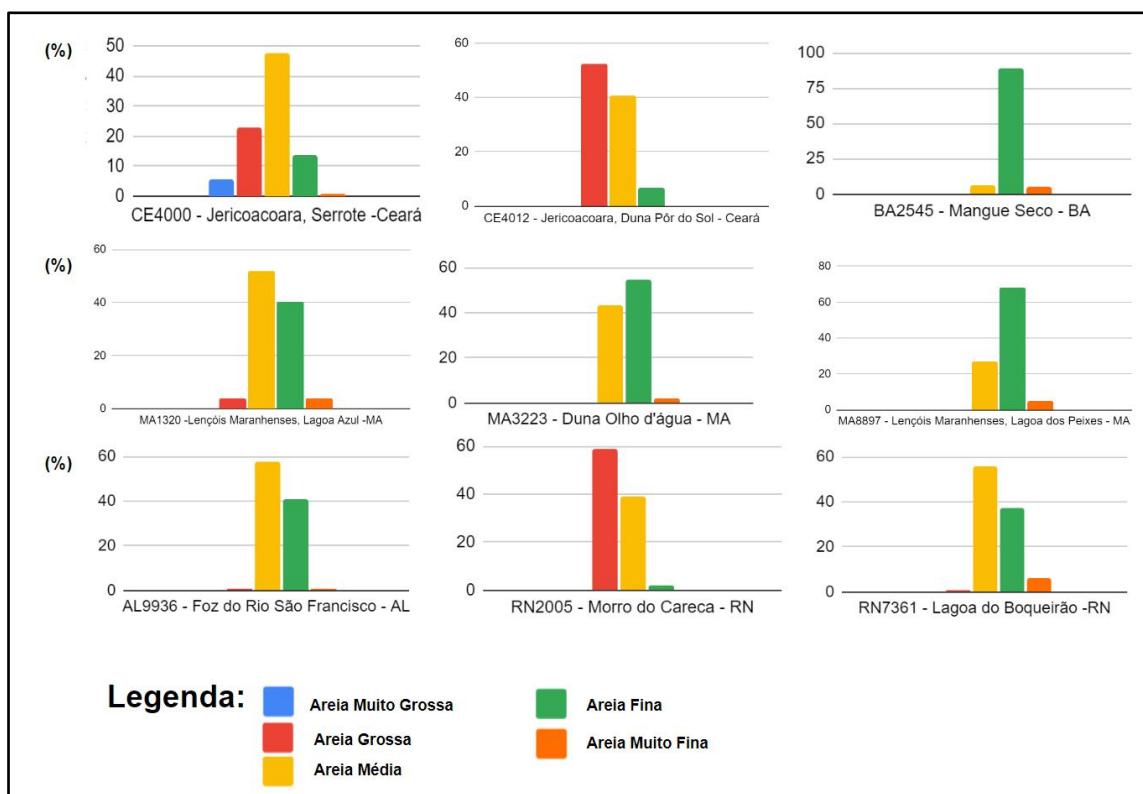


Figura 09: Histogramas da distribuição granulométrica das amostras de dunas de clima tropical.

As amostras internacionais de clima desértico também apresentam em sua maior parte sedimentos na fração areia média (Fig. 10). No entanto, as amostras dos Emirados Árabes, Arabia Saudita, Death Valley (USA), Zagora (Marrocos) e Austrália apresentam sedimentos de tamanho areia fina e apenas a amostra de Mhamid (Marrocos) possui 53,85% da sua fração na areia muito fina (0,125 a 0,063 mm).

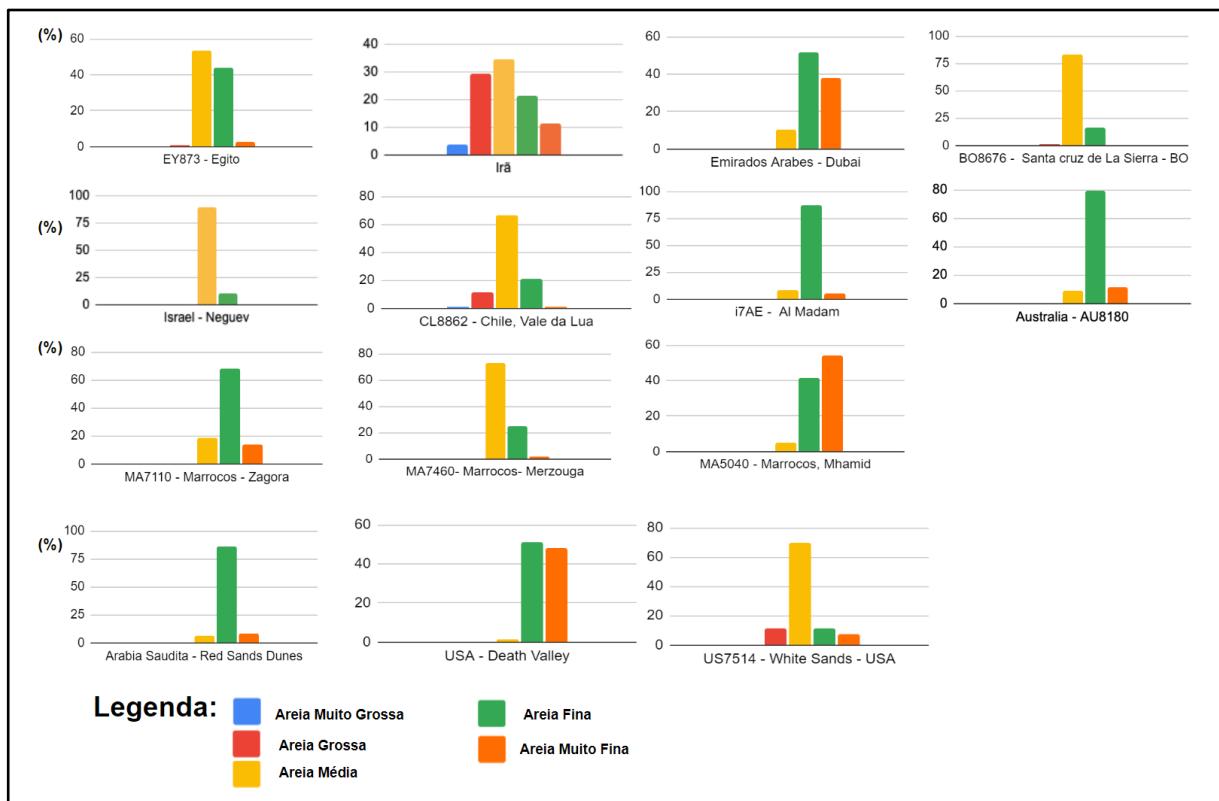


Figura 10: Histogramas da distribuição granulométrica das amostras analisadas de dunas de clima desértico.

Fazendo a análise do desvio padrão que indica o grau de seleção das amostras (Folk, 1957), nas amostras de dunas de clima tropical (Fig.11), somente Mangue Seco (BA) é muito bem selecionadas ( $\sigma < 0,35$ ), as amostras Lençóis Maranhenses, Olho d'água (MA), Foz do Rio São Francisco (AL) e Jalapão (TO) são bem selecionadas ( $0,35 < \sigma < 0,50$ ), as regiões da Jericoacoara na Duna Pôr do Sol (CE), Lagoa dos Peixes e Lagoa Azul nos Lençóis Maranhenses (MA), Lagoa do Boqueirão (RN) e Morro do Careca (RN) são moderadamente selecionadas ( $0,5 < \sigma < 1,0$ ) e a amostra do Jericoacoara, Serrote (CE) é pobemente selecionadas ( $1,0 < \sigma < 2,0$ ).

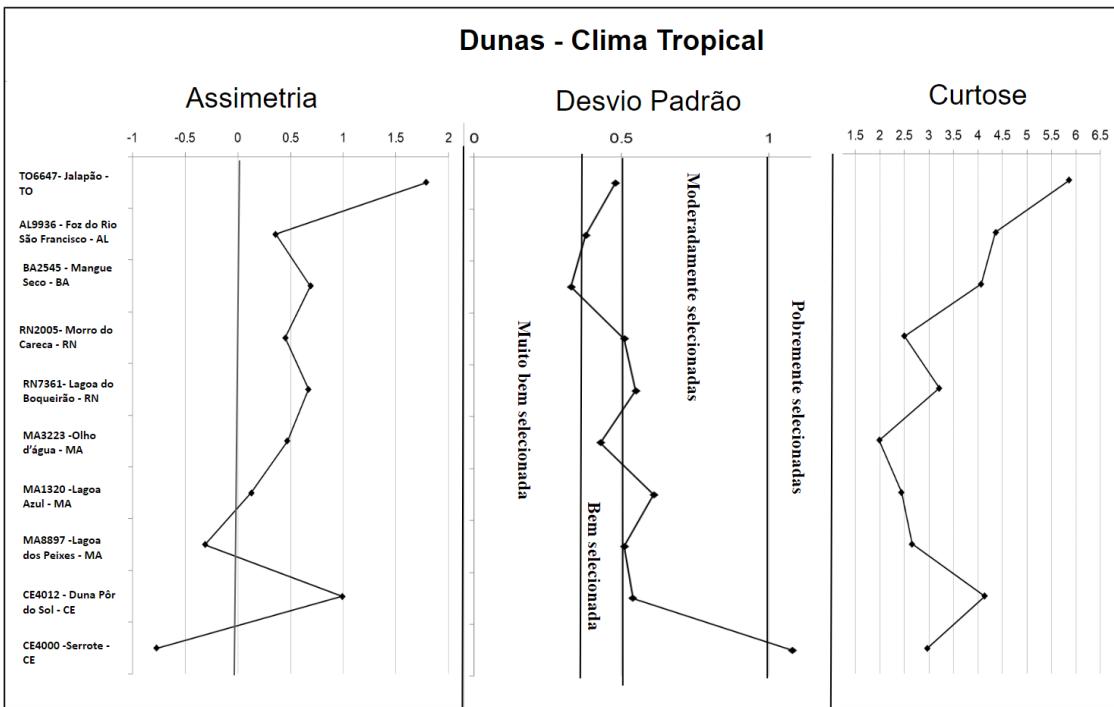


Figura 11: Análise estatística das dunas de clima tropical.

Já nas amostras de duna desértica (Fig.12), apenas a amostra do Deserto de Neguev (Israel) é muito bem selecionada ( $\sigma < 0,35$ ). As amostras de Duna Santa Cruz (BO), Egito, Al Madam, Red Sands Dunes (Arabia Saudita), Death Valley (USA), Zagora (Marrocos), Merzouga (Marrocos), Austrália, são bem selecionadas ( $0,35 < \sigma < 0,50$ ), as amostras da White Sands (USA), Dubai (Emirados Árabes), Mhamid (Marrocos) e Vale da Lua (Chile) são moderadamente selecionadas ( $0,5 < \sigma < 1,0$ ), e apenas a do Irã é pobemente selecionada ( $1,0 < \sigma < 2,0$ ).

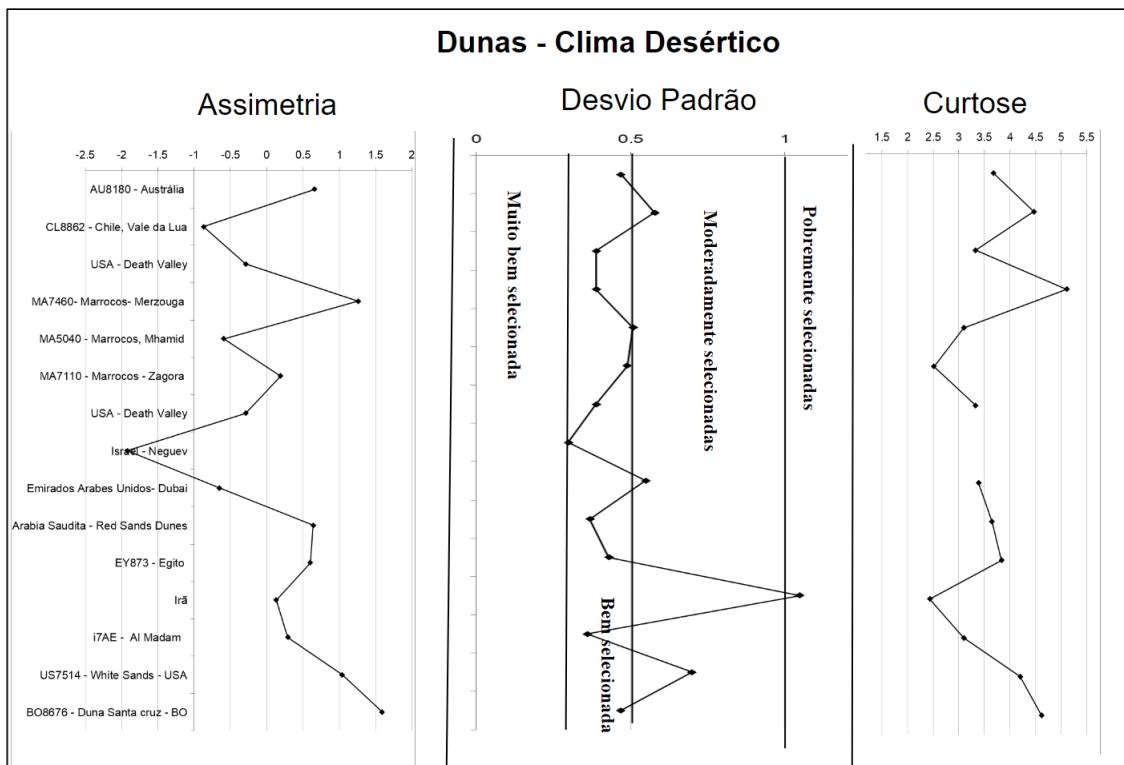


Figura 12: Análise estatística das dunas de clima desértico.

Analisando os resultados de assimetria que indica a competência do transporte dos minerais, onde a assimetria positiva indica um fluxo unidimensional e o predominio da deposição de sedimentos, e a assimetria negativa, indica uma região em que predomina a remoção seletiva de sedimentos (Duane, 1964). Sendo assim, observamos que nas regiões de dunas de clima tropical (Fig. 12), apenas duas amostras apresentaram assimetria negativa, Jericoacoara, CE (CE4000) e Lagoa Azul nos Lençóis Maranhenses, MA (MA8897), as demais apresentaram assimetria positiva.

Já nas amostras de dunas de clima desértico (Fig.12), observamos que apresentam mais amostras de assimetria negativa, como Deserto de Negev no Israel, Mhamid, em Marrocos, Death Valley nos Estados Unidos e no Deserto do Atacama no Chile, as demais amostras apresentaram assimetria positiva.

Outro parâmetro estatístico analisado é a curtose que é classificada como platicúrtica (curva achatada), mesocúrtica (curva normal) ou leptocúrtica (curva alongada), onde valores muito altos ou muito baixos podem sugerir que os grãos preservaram suas características originais durante o transporte, as curvas achatadas indicam que há um espalhamento dos sedimentos tanto fino como grossos nas caudas, podendo ser uma mistura de sub-populações, já as curvas alongadas representam o inverso, onde esses sedimentos são depositados na parte central e são bem selecionados, em areias eólicas predominam curvas mesocúrticas (Martins,

1965). Analisando as curvas geradas, as amostras são mesocúrticas, tirando a curva de Israel que foi retirada da figura 13, por ter gerado um valor muito alto o que distorcia os outros resultados.

#### **4.4 Difratometria de Raios X**

A Difratometria de Raios X (difratogramas apresentados em Apêndice A) permitiu identificar os minerais mais abundantes das amostras, sendo a sua maioria compostas por quartzo, feldspatos, carbonatos e argilominerais (Fig.13). Os minerais predominantes no Chile foram quartzo, feldspato e argilominerais e óxido de ferro (possível hematita), já a amostra do Egito apresentou quartzo, feldspato e carbonato que foi testado na própria amostra usando o ácido clorídrico, assim como o Irã que além do carbonato, quartzo, feldspato, apresentou argilominerais e mica, a região de Red Sands Dunes nos Arabia Saudita e na região de Al Madam, no Emirados Árabes Unidos além do quartzo, feldspato e carbonato de cálcio, apresentou um pico de uma possível serpentinita, que apareceu também nas amostras do Marrocos (Mhamid), Emirados Árabes Unidos (Dubai, Rub Al-Khali), que necessitaria de outras análises para comprovar este mineral, pois está presente em pouca quantidade que acaba dificultando a identificação por difração.

As amostras do Marrocos, Merzouga, Zagora e Mhamid apresentaram quartzo, feldspato, carbonato de cálcio e mica, a amostra da Austrália apresentou apenas quartzo e feldspato, já as amostras dos USA, a White Sands resultou em apenas gipsita, e na região do Death Valley o resultado foi de quartzo, feldspato, carbonato e anfibólio. A amostra da Bolívia (Santa Cruz de La Sierra) apresentou apenas quartzo e feldspato e na região de Israel os principais minerais foram quartzo, feldspato e carbonato de cálcio. Não foi possível afirmar qual mineral do grupo do anfibólio está presente na amostra do Death Valley e qual mineral com composição de óxido de ferro está presente na amostra do Vale da Lua (Deserto do Atacama), necessitando de uma análise mais precisa.

	Localidade	Quartzo	Feldspato	Carbonato de Cálcio	Mica	Argilominerais	Gipsita	Anfibolio	Óxido de ferro
Chile	Vale da Lua	x	x		x				x
Austrália	Uluru-Kata Tjuta	x	x						
USA	White Sands					x			
Bolívia	Death Valey	x	x	x				x	
	Santa Cruz	x	x						
	Merzouga	x	x	x	x				
Marrocos	Mhamid	x	x	x	x				
	Zagora	x	x	x	x				
Egito	Aswan	x	x	x					
Emirados Árabes Unidos	Al madam	x	x	x					
Arábia Saudita	Rub Al-Khali	x	x	x					
Israel	Red Sands Dunes	x	x	x					
Irã	Negev	x	x	x					
	Yazd	x	x	x	x	x			

Figura 13: Resultado de DRX das amostras Internacionais.

Os resultados das dunas de clima tropical no Brasil (Apêndice A) foram bem parecidos, com grande predominância de quartzo e feldspato (Fig.14), as amostras dos lençóis maranhenses, Duna Olho d’água, Lagoa Azul e Lagoa dos Peixes (MA3223\_MA8897\_MA1320) apresentou quartzo, feldspato, e um pouco de carbonato de cálcio e óxido de ferro (possível hematita), diferenciando pelo tipo de feldspato. Já as demais amostras do Brasil apresentaram uma predominante de quartzo com pouco de feldspato. Fazendo uma comparação das amostras RN7361 e RN2505 (Lagoa Boqueirão e Morro do Careca no Rio Grande do Norte), o pico em azul (Apêndice A) refere-se a amostra RN25045 e apresentou uma certa distorção podendo estar relacionada ao processo de formação dos minerais.

	Localidade	Quartzo	Feldspato	Carbonato de Cálcio	Óxido de ferro
Ceará	Serrote	x	x		
	Pôr do sol	x	x		
Bahia	Mangue Seco	x	x		
	Lagoa azul	x	x	x	x
Maranhão	Olho d’água	x	x	x	x
	Lagoa dos peixes	x	x	x	x
Alagoas	São Francisco	x	x		
Rio Grande do Norte	Morro careca	x	x		
	Boqueirão	x	x		
Tocantins	Jalapão	x	x		

Figura 14: Resultado de DRX das amostras Nacionais.

#### 4.5 Análise por Microscopia Eletrônica de Varredura

Como dito anteriormente, foram selecionadas oito amostras para análise de MEV, visando analisar pelo menos uma amostra de cada continente, porém devido disponibilidade de agenda no laboratório foram feitas apenas as seis primeiras amostras: Austrália, White Sands - USA, Deserto do Atacama - Chile, Yazd - Irã, Mhamid- Marrocos e apenas uma no Brasil, Lagoa Azul - MA.

Foram observados além dos minerais descritos no DRX, outros minerais acessórios que estão presentes em pequenas quantidades. Na Austrália além de quartzo (Fig. 15a) e feldspato, muitos dos minerais estão bem “sujos” com películas recobrindo os grãos (Fig. 15d).

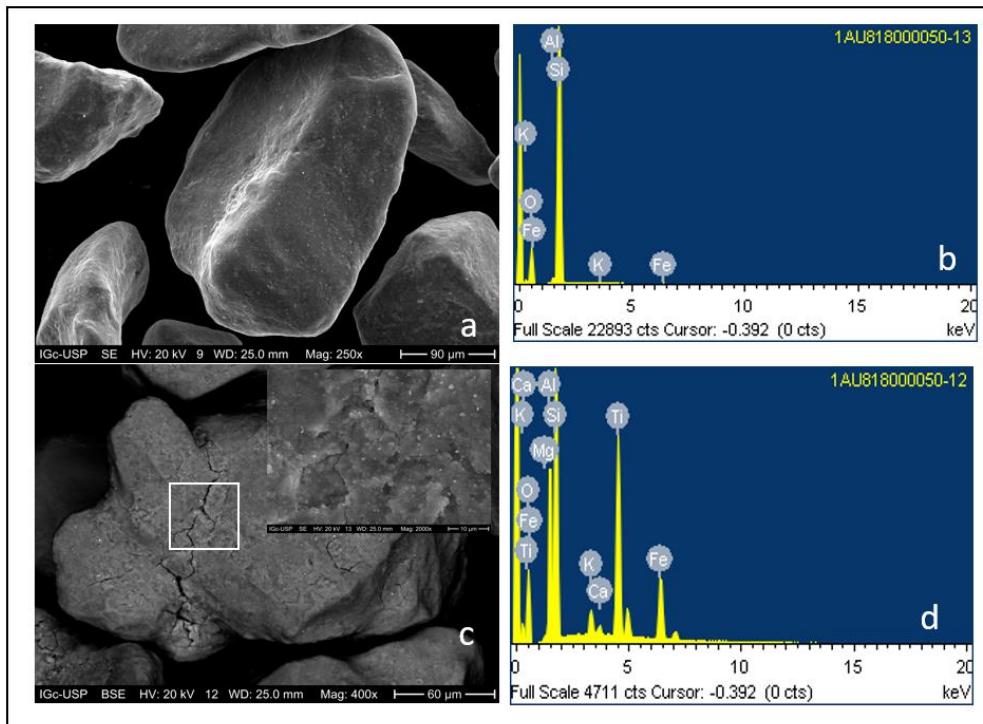


Figura 15: Fotomicrografias e Análise de minerais utilizando o espectrômetro por energia dispersiva de Raios X (EDS) na amostra da Austrália. a) Grão de Feldspato; b) EDS - Feldspato; c) Película revestindo os grãos; d) EDS - Argilominerais.

No deserto do White Sands nos Estados Unidos, encontraram-se grãos de gipsita (Fig.16) como já era esperado, porém foram encontrados sobre alguns grãos, pequenos cristais de uma possível celestina (Fig. 16b).

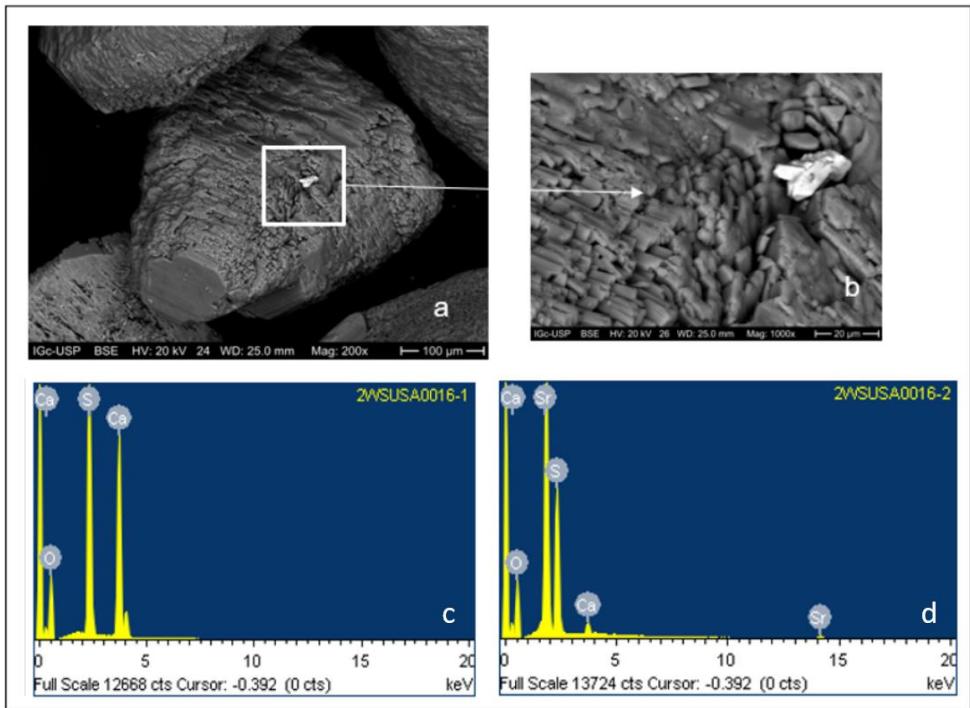


Figura 16: Fotomicrografias e Análise de minerais utilizando o espectrômetro por energia dispersiva de Raios X (EDS) na amostra da White Sands. a) Grão de Gipsita com celestina; b) Celestina; c) EDS- Gipsita; d) EDS - Celestina.

No Chile, além dos minerais identificados por DRX, também foi encontrado gipsita em alguns grãos de feldspato (Fig.17), no Marrocos (Mhamid), também foi encontrado gipsita, e minerais acessórios como a Titanita. Na região do Irã foi encontrado nenhum mineral acessório na amostra levada ao MEV, e foi comprovada a identificação do quartzo, feldspato, mica e carbonato de cálcio (Fig.18).

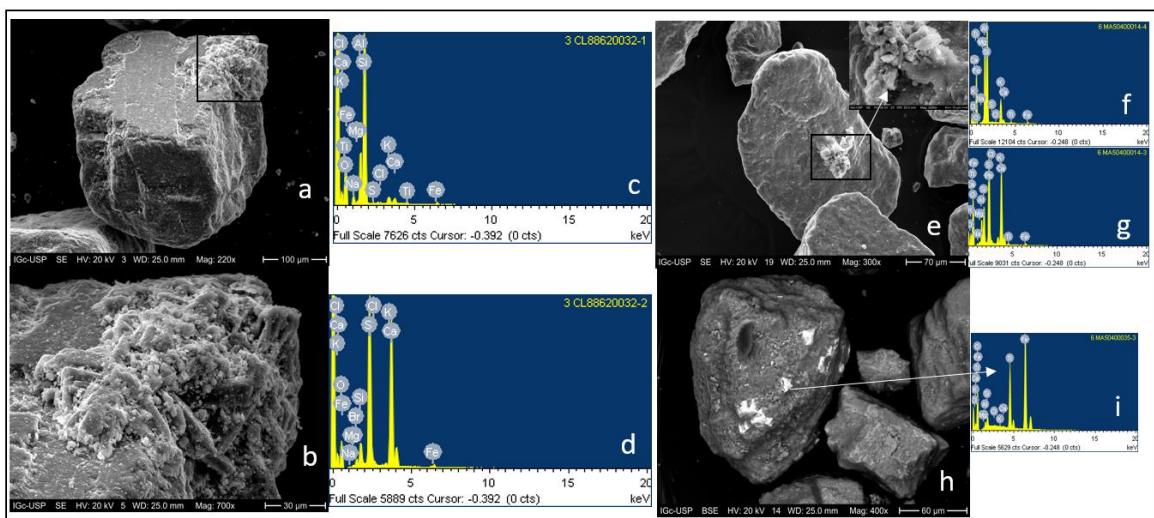


Figura 17: Análise de minerais utilizando o espectrômetro por energia dispersiva de Raios X (EDS). a) Grão de Feldspato - Chile; b) Gipsita no grão de feldspato - Chile c) EDS - Feldspato; d) EDS - Gipsita; e) Grão de Feldspato - Marrocos, f) EDS - feldspato; g) EDS- Gipsita; h) Titanita no grão de feldspato; i) EDS-Titanita.

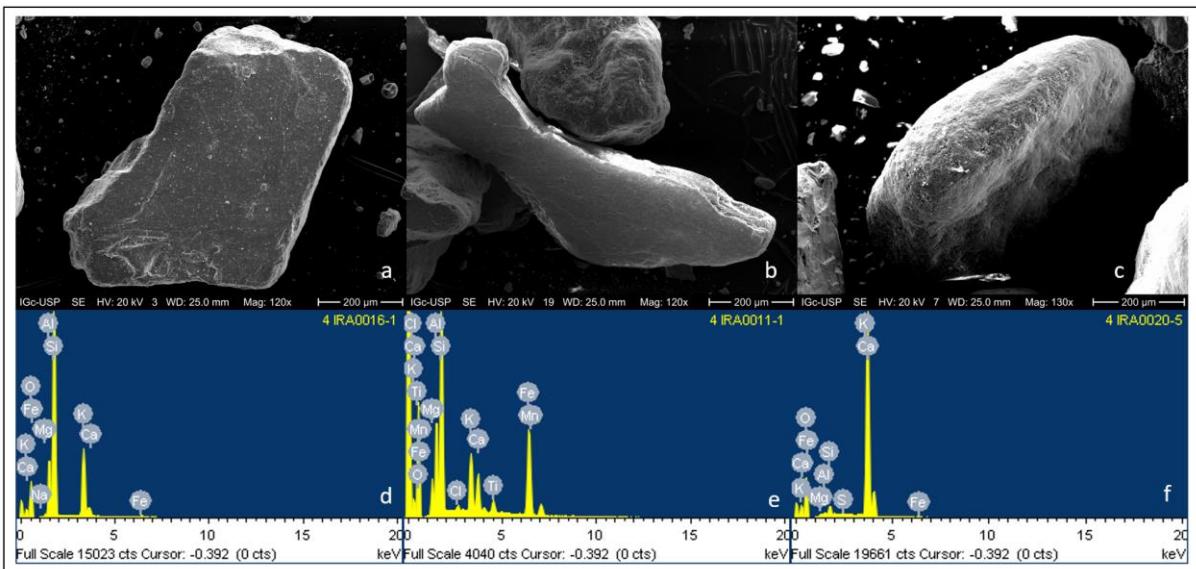


Figura 18: Análise de minerais utilizando o espectrômetro por energia dispersiva de Raios X (EDS). a) Grão de Feldspato - Irã b) Grão de mica - Irã c) Grão de Carbonato - Irã; d) EDS - Feldspato; e) EDS - Mica; f) EDS - Carbonato.

Em relação ao grau de arredondamento, Folk (1978) mostrou que em algumas dunas lineares predominam grãos angulosos e Besler (1980) observou que a maioria dos grãos no deserto de Namibe são subangulares (Fig.19), concluindo que os processos de arredondamento em sedimentos eólicos agem até um certo ponto (Besler, 2008).



Figura 19: Esfericidade - Grau de arredondamento. Fonte: Suguiio, 1980.

Observando a Figura 20, as areias da Austrália, foram classificadas como sub-arredondadas a arredondadas, assim como os grãos de gipsita do White Sands e as areias do Deserto do Atacama no Chile (Vale da Lua), já as areias do Irã foram classificadas como sub angulosas assim como as areias do Marrocos na região de Mhamid. No Brasil, na região dos lençóis maranhenses predominam grãos arredondados.

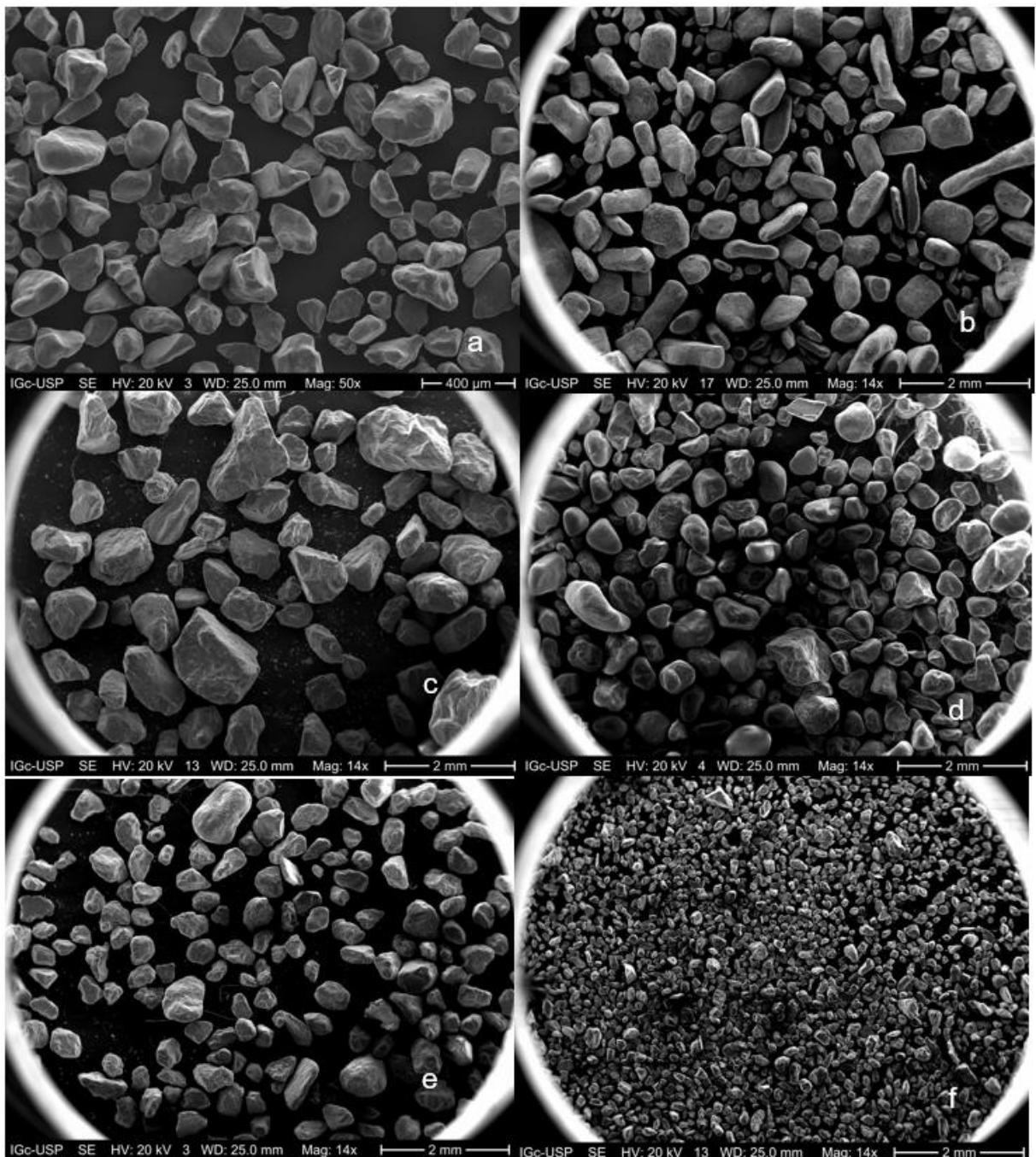


Figura 20: Visão geral dos grãos para análise do grau de arredondamento, geradas no MEV com o detetor de elétrons secundários, a) Austrália; b) White Sands - USA, c) Deserto do Atacama - Chile; d) Yazd - Irã; e) Lagoa Azul - BR; f) Mhamid - Marrocos.

O Microscópio Eletrônico de Varredura também permite analisar a superfície dos grãos de areia com o objetivo observar as marcas nos grãos assim como sua forma, estando diretamente relacionados ao processo de transporte e deposição dos sedimentos, as marcas mais comuns em areias eólicas são derivadas de ações mecânicas e químicas (Refaat e Hamdan, 2015).

Cicatrizes de ação mecânica são causadas por impactos, desenvolvendo fraturas e marcas nos grãos, como por exemplo fraturas conchoidais, que ocorrem em grãos mais grossos acarretados por impacto durante a saltação (Refaat e Hamdan, 2015).

Segundo Folk (1969), marcas de percussão são formas concêntricas geradas por colisão entre os grãos durante o transporte, que pode ser diagnóstica de transporte eólico (Campbell, 1963), já as marcas em forma de V podem ser diagnósticas do transporte em meio aquoso (Mahaney, 2002).

As marcas resultantes de processos químicos são causadas por precipitação na superfície dos grãos de quartzo, rachaduras em formas triangulares, fraturas conchoidais e sulcos por solução.

Na amostra de White Sands (USA), observou-se fraturas planas nos grãos de gipsita que podem ser associadas a marcas recentes de abrasão, e também marcas de dissolução química em alguns grãos (Fig. 21a), já no Deserto do Atacama (Chile), os grãos de quartzo possuem diversas marcas, sendo a mais frequente as ilustradas na Figura 21b e 21c. Na figura 21b, observa-se na porção à esquerda fraturas paralelas que podem ter sido produzidas por ações mecânicas (Costa, 2014), assim como a marca a esquerda, já a Figura 22c mostra marcas bem frequentes nos grãos de quartzo, podendo estar associadas a processos químicos, aparecendo também em grãos no Marrocos (Mhamid) ilustrado na Figura 21f.. Além destas marcas, no Irã foi encontrada marcas que podem ser chamadas de “dente de serra” (Fig.21d), que são marcas mais recentes (Mahaney, 2002).

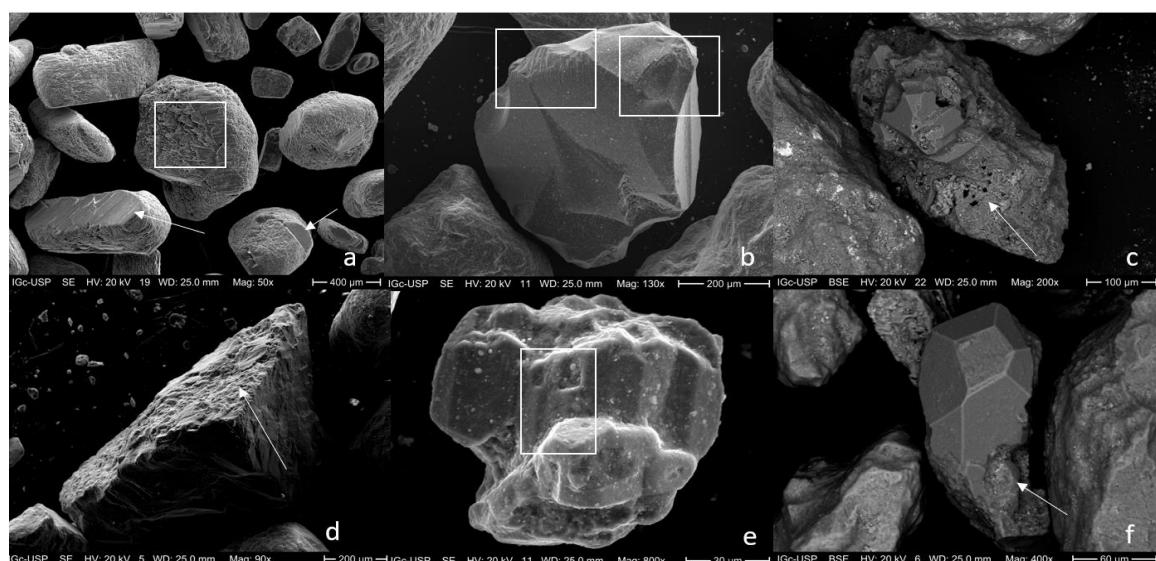


Figura 21: Análise da superfície dos grãos geradas no MEV com o detetor de elétrons secundários, a) White Sands - USA, marcas de processos mecânicos e químicos ; b) Deserto do Atacama - Chile, marcas de processos mecânicos; c) Deserto do Atacama - Chile, marcas de processos químicos; d) Yazd - Irã, marcas de processos mecânicos; e) Mhamid - Marrocos, marcas de processos mecânicos; f) Mhamid - Marrocos, processos químicos.

Nos Lençóis Maranhenses por ter uma grande quantidade de quartzo foi possível observar uma maior diversidade de marcas, como por exemplo as marcas de abrasão na figura 22a, que indicam erosão na superfície do grão provocada por choque entre os grãos. Na figura 22b, observa-se cavidades circulares de origem química, já as figuras 22 c,d,e, e figura 22f, apresentam diversas marcas em V e também marcas em crescente (mais circular) que estão associadas a choque entre grãos (Costa, 2014).

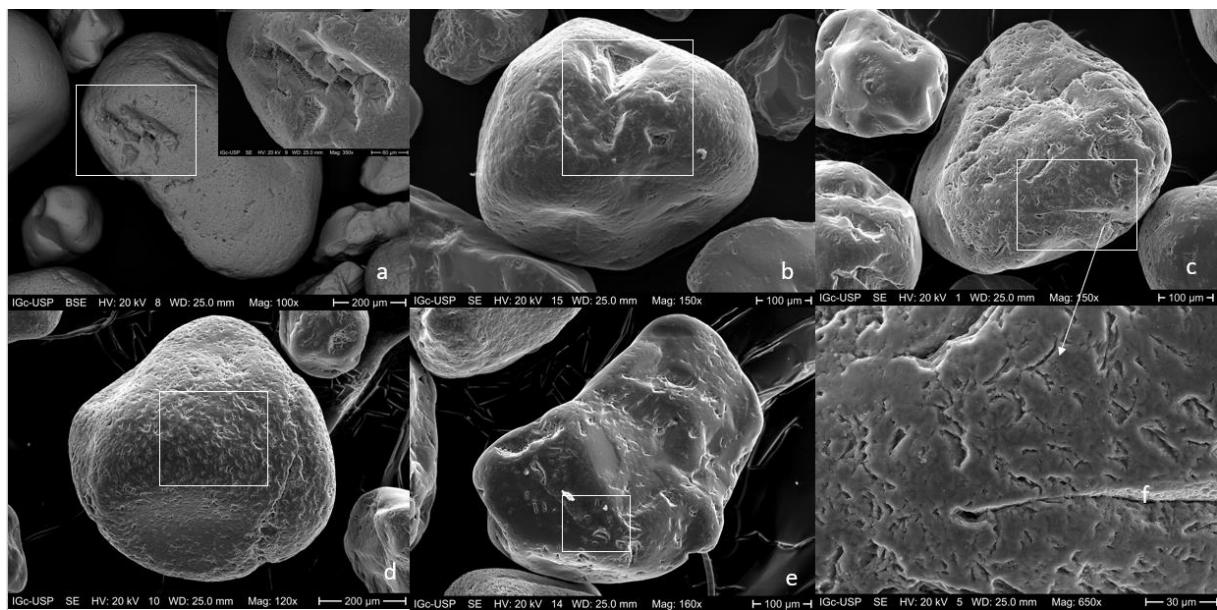


Figura 22: Análise da superfície dos grãos geradas no MEV com o detetor de elétrons secundários nos Lençóis Maranhenses (Lagoa Azul) no Brasil. a) Marcas de abrasão; b) Cavidades circulares; c) Marcas em V e marcas em crescente; d) Marcas em V e marcas em crescente, e) Marcas de percussão; f) Zoom das marcas em c.

#### 4.6 Fichas

Sendo assim, a partir de todos os dados gerados neste trabalho e como objetivo final do trabalho, foi gerado fichas de síntese (Fig. 23) que serão disponibilizadas no catálogo para divulgação das Geociências (Apêndice B). A ficha é composta por uma capa com a foto da região e fotomicrografia com aumento de 20x da areia, uma página com informações sobre a localização da região estudada, a geologia local e Tectônica regional, o clima predominante, a granulometria de cada amostra, a mineralogia obtida pelo DRX, e as referências, e uma terceira página com, fotografias do sedimento obtidas em lupa com aumento de 8x e 20x, e fotomicrografias das amostras analisadas no MEV.

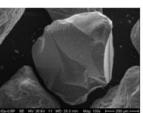
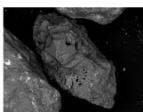
 <p><b>Vale da Lua - CHILE</b></p> 	<b>Localização</b> São Pedro do Atacama, está localizada na costa Oeste da América do Sul central, deserto do Atacama, província de La Serena, Chile ( $23^{\circ}5' S$ ). Localizado na depressão que rodeia Sierra Orbea a 2350 metros sobre o nível do mar. Ira na Cordilheira da Sal e borda do Deserto do Atacama.	<b>Granulometria</b> Areia Média e moderadamente selecionada.	<b>VALE DA LUA - CHILE</b>
	<b>Geologia</b> A região do Atacama é classificada como "baía e cordilheira", ou seja, uma região arida, montanhosa com um sistema de drenagem profunda, zonas de rotação tectônica e metamórficas e gneiss; Após a Era Mesozóica: Sequência de rochas andesíticas e corpos plutônicos de granito e diorito. Depois do carbonato e fósseis, fluidos igromônitos foram amplamente depositados no Neogeno pela intensa atividade vulcânica (Tapia et al., 2018).	<b>Mineralogia</b> Quartzo, feldspato e argilominerais e óxido de ferro.	<b>LUPA (aumento 8X)</b>  <b>MEV</b> 
<b>Clima</b> Árido quente ( $BWh$ )	<b>Tectônica</b> Movimento convergente presente desde a Era Mesozóica. Tectônica ativa na Cordilheira dos Andes (Tapia et al., 2018).	<b>Referência</b> Tapia et al., 2018, Samaniego et al., 2016, Arenas-Díaz et al., 2022	<b>LUPA (aumento 20 X)</b>  <b>MEV</b> 
			<b>VALE DA LUA - CHILE</b>

Figura 23: Exemplo das fichas geradas disponíveis no Apêndice B.

## 5. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 5.1 Dunas de Clima Desértico

Com base nas informações geradas ao longo deste trabalho, podemos caracterizar cada amostra como:

- Chile, Vale da Lua (deserto do Atacama): fração predominante é areia média, moderadamente selecionada, grãos sub-arredondado a arredondado com assimetria negativa, e mineralogia predominante (Fig. 14) composta por quartzo, feldspato e argilominerais e óxido de ferro (possível hematita), no MEV além destes minerais foram encontrados gipsita e titanita, no registro fotográfico percebe-se uma maior mistura dos grãos e coloração mais acinzentada.
- Austrália, região de Uluru: fração predominante é areia fina, bem selecionada, grãos sub-arredondado a arredondado de assimetria positiva e mineralogia composta predominantemente por quartzo e feldspato, no registro fotográfico observa-se uma coloração mais alaranjada (grãos revestidos por uma película de óxido de ferro, indicando um ambiente oxidante), segundo Young et al. (2002), o arenito arcósio é a principal rochas desta região, onde os grãos de feldspato podem ser revestidos por óxidos de ferro e titânio (Sweet et al., 2012).
- USA, White Sands: fração predominante é areia média, moderadamente selecionada, grãos sub-arredondado a arredondado e assimetria positiva, composição mineralógica predominante é a gipsita, pela fotomicrografia podemos observar os grãos de gipsita, assim como foi visto no MEV, estudos

indicam que a além da gipsita, pode conter também quartzo, dolomita e calcita (Fenton et al., 2016).

- USA, Death Valley: fração predominante é areia fina a muito fina, bem selecionada de assimetria negativa composta por quartzo, feldspato, carbonato e anfibólio, pela fotomicrografia observamos grãos variados desde translúcidos até grãos escuros, indicando uma maior heterogeneidade.
- Bolívia, Santa Cruz de La Sierra: fração predominante é areia média, bem selecionada de assimetria positiva composta por quartzo e feldspato, pela fotomicrografia observa-se os grãos mais translúcidos, predominando estes minerais identificados por DRX.
- Marrocos, Merzouga: fração predominante é areia média, bem selecionada de assimetria positiva, onde predomina quartzo, feldspato, carbonato de cálcio e mica.
- Marrocos, Mhamid: fração predominante é areia muito fina a fina, moderadamente selecionada com grãos subangulosas de assimetria negativa composta por quartzo, feldspato, carbonato de cálcio e mica.
- Marrocos, Zagora: fração predominante é areia fina, bem selecionada de assimetria positiva composta por quartzo, feldspato, carbonato de cálcio e mica.
  - Observando as fotomicrografias das três amostras do Marrocos, percebe-se uma semelhança entre elas, na coloração alaranjada, na variedade de grãos e formas, observa-se também grãos mais arredondados em Merzouga e Zagora. Na mineralogia, as três amostras apresentaram o mesmo resultado (Fig. 14), segundo Manare et al. (2016), pode apresentar também ilmenita, hematita, goethita, piroxênio, entre outros minerais.
- Egito: fração predominante é areia média a fina, bem selecionada de assimetria positiva composta por quartzo, feldspato e carbonato de cálcio, na fotomicrografia pode-se observar os grãos mais claros indicando um meio mais redutor e alguns minerais acessórios que não foram detectados pelo DRX.
- Emirados Árabes Unidos, Al Madam: fração predominante é areia fina, bem selecionada de assimetria positiva com predominância de quartzo, feldspato e carbonato de cálcio.

- Emirados Árabes Unidos, Dubai (Rub Al-Khali): fração predominante é areia fina a muito fina, moderadamente selecionada de assimetria positiva, composta por quartzo, feldspato e carbonato de cálcio.
  - As areias dos Emirados Árabes Unidos são bem parecidas, tanto visualmente (fotomicrografia), como nos parâmetros analisados e mineralogia (Fig.13), comprovando estudos anteriores (Benaafi e Abdullatif, 2014).
- Arabia Saudita, Red Sands Dunes: fração predominante é areia fina, bem selecionada de assimetria positiva, e mineralogia predominante de quartzo, feldspato e carbonato de cálcio, pela fotomicrografia observa-se que esta amostra é bem parecida com Marrocos e Emirados Árabes Unidos, assim como os parâmetros analisados e mineralogia.
- Israel, Negev: fração predominante é areia média, muito bem selecionada de assimetria negativa, composta por quartzo, feldspato e carbonato de cálcio, pela fotomicrografia é a amostra mais diferente e mais colorida, porém os minerais predominantes ainda são, quartzo, feldspato e carbonato de cálcio (Crouvi et al., 2008).
- Irã, Yazd: fração predominante é areia fina a grossa, pobramente selecionada de assimetria positiva e com grãos sub angulosos compostos por quartzo, feldspato, carbonato de cálcio, argilominerais e mica, pela fotomicrografia observa-se esta variedade de minerais, podendo ter também minerais acessórios como titanita e magnetita (Sherafat et al., 2012).

## 5.2 Dunas de Clima Tropical

Já as amostras nacionais de clima tropical:

- Ceará, Jericoacoara (Serrote): a fração predominante é a areia média, pobramente selecionada com assimetria negativa, composta de quartzo e feldspato, segundo Julio (2012), a região também pode apresentar cianita, muscovita assim como óxidos de ferro.
- Ceará, Jericoacoara (Duna Pôr do Sol): a fração predominante é a areia grossa a média, moderadamente selecionada de assimetria positiva, composta de quartzo e feldspato.
- Bahia, Mangue Seco: a fração predominante é a areia fina, muito bem selecionada e assimetria positiva, composta de quartzo e feldspato, segundo

estudos na região (Lima et al., 2008), além do quartzo podem ser encontrados minerais ferruginosos e minerais pesados.

- Maranhão, Lençóis Maranhenses (Lagoa Azul): fração predominante é a areia média, moderadamente selecionada, grãos arredondados a muito arredondados e assimetria positiva, composta predominantemente por quartzo, um pouco de feldspato, carbonato de cálcio e óxido de ferro, assim como previstos por estudos prévios.
- Maranhão, Lençóis Maranhenses (Olho d'água): fração predominante é a areia fina, bem selecionada e assimetria positiva, composta predominantemente por quartzo, com um pouco de feldspato, carbonato de cálcio e óxido de ferro.
- Maranhão, Lençóis Maranhenses (Lagoa dos Peixes): fração predominante é a areia fina, moderadamente selecionada com assimetria positiva, composta predominantemente por quartzo, com pouco de feldspato, carbonato de cálcio e óxido de ferro.
- Alagoas, Foz do Rio São Francisco: a fração predominante é a areia média a fina, bem selecionada e assimetria positiva, composta de quartzo e feldspato, segundo Sgarbi (1991), a região pode ter também minerais como caulinita e ilita.
- Rio Grande do Norte, Morro do Careca: a fração predominante é a areia grossa a média, moderadamente selecionada, assimetria positiva, composta de quartzo e feldspato.
- Rio Grande do Norte, Lagoa do Boqueirão: a fração predominante é a areia média a fina, moderadamente selecionada, assimetria positiva, composta de quartzo e feldspato.
- Tocantins, Jalapão: a fração predominante é areia grossa, bem selecionada e assimetria positiva, composta de quartzo e feldspato.

As amostras das dunas de clima tropical no Brasil tiveram um resultado mineralógico condizente com os estudos feitos nestas regiões, apenas as amostras do Maranhão apresentaram uma pequena quantidade de carbonato de cálcio e óxido de ferro identificado por DRX (Fig.14). Tendo em vista o limite de detecção do DRX, não anula a possibilidade de ter minerais que contenham óxido de ferro (exemplo, hematita, goethita e magnetita) e outros minerais acessórios nas outras amostras, outros estudos indicam ter por exemplo magnetita no campo de dunas na foz São Francisco em Alagoas (José Ferreira, 2021), assim como ter goethita, hematita na região do Jalapão em Tocantins (Silva, 2020).

## **6. CONCLUSÃO**

O estudo dos sedimentos eólicos em clima desértico e tropical é bem complexo e de suma importância para entender melhor o meio em que se encontra. Para isso, é necessário fazer uso de diversas técnicas, como aquelas que foram usadas neste trabalho. Outras técnicas, como sensoriamento remoto utilizada para identificação mineralógica com base na assinatura espectral de cada material, como é o caso dos argilominerais, assim como a utilização de programas como MATLAB utilizado por Van Hateren et al. (2019), que auxiliam na identificação da trajetória e áreas fontes dos sedimentos, ou estudos de proveniência mais detalhados com identificação de minerais pesados, por exemplo.

Para uma análise mais precisa de cada região seria necessário realizar um estudo mais detalhado e usando outras técnicas para esclarecer algumas questões levantadas neste trabalho. Além disso, precisa levar em consideração o fato de que as amostras foram doadas para universidade, ou seja, não tiveram uma metodologia sistematizada para a coleta e muitas vezes sem localização exata (coordenadas de GPS por exemplo), o que dificulta às vezes um entendimento mais preciso da região, assim como classificar precisamente o tipo de duna, proveniência e afirmar que a análise feita representa o ambiente como um todo.

Assim, o trabalho visou caracterizar de maneira geral as amostras destas regiões para gerar conteúdos e material de referência para ensino e divulgação das Geociências, para dar um panorama geral de como são essas regiões, na forma de fichas que serão disponibilizadas no catálogo online da coleção de areias do Instituto de Geociências (<https://areias.igc.usp.br/>) e um *tour* virtual por estas regiões.

## **REFERÊNCIAS**

Adnani, M., Azzaoui, M.A., Elbelrhiti, H. et al., 2016, Yerdi sand dunes (Erfoud area, southeastern of Morocco): color, composition, sand's provenance, and transport pathways. Arab J Geosci 9, 366p.

Afinko, 2020, MEV: Entenda o que faz a Microscopia Eletrônica de Varredura?: <https://afinkopolimeros.com.br/o-que-e-microscopia-eletronica-mev/> (acessado Agosto de 2022).

Alavi Panah, S.K., Komaki, Ch. B., Goorabi, A. and Matinfar, H.R., 2007, Characterizing land cover types and surface condition of yardang region in Lut desert (Iran) based upon landsat satellite images, World Applied Sciences Journal, v.2, p.

- 212-228, ISSN 1818-4952.
- Allan G., Baker, L., 1990, Uluru (Ayers Rock-Mt Olga) National Park: an assessment of a fire management programme. Proceeding Ecological Society of Australia. v. 16. P. 215-220.
- Allen, B., Newton, B., 2014, Hydrologic Investigation at White Sands National Monument, 51p.
- Allmendinger, R.W., Jordan, T.E., Kay, S.M., Isacks, B.L., 1997. The evolution of the Altiplano-Puna Plateau of the Central Andes. Annual Review of Earth and Planetary Sciences 25, p. 139–174.
- Andriotti, J. L. S., 2003, Fundamentos de Estatística e Geoestatística. 1a ed., Rio Grande do Sul: Editora Unisinos. 165p.
- Avni Y., 2001, Structure and landscape evolution of the Makhteshim country—interrelations between monoclines, truncation surfaces and the evolution of the Makhteshim. Makhteshim Country: A Laboratory of Nature: Geological and Ecological Studies in the Desert Region of Israel. Pensoft Publishers, Sofia, p. 33–58.
- Avni Y., Zilberman E., 2006, Landscape evolution triggered by neotectonics in the Sede Zin region, central Negev, Israel. Isr J Earth Sci, v. 55, p. 189–208.
- Atkinson, O., Thomas, D., Goudie, A., Parker, A., 2012. Holocene development of multiple dune generations in the northeast Rub' al-Khali, United Arab Emirates. The Holocene, p. 179-189, doi 10.1177/0959683611414927.
- Baitis, E., Kocurek, G., Smith,V., Mohrig,V., Ewing,R.C., A. Peyret,P.B., 2014, Definition and origin of the dune-field pattern at White Sands, New Mexico, Aeolian Research, v. 15,p. 269-287.
- Barbosa, D.G., 2019, A região do Jalapão e seu Patrimônio Geomorfológico." Khóra: Revista Transdisciplinar, v. 5. 6p.
- Barrteto, A. M. F.; Suguio, K.; Oliveira, P. E. de; Tatumi S. H., 2002, Campo de dunas inativas do médio rio São Francisco, BA: marcante registro de clima desértico do Quaternário brasileiro. In: Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos - SIGEP 56. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil: Editores Carlos Schobbenhaus. [et al.] - Brasília: DNPM, p. 223-231.
- Besler, H., 1980. Die Dünen-Namib: Entstehung und Dynamik eines Ergs. Stuttgarter Geographische Studien 96, p. 241.
- Besler, H., 2008. The Great Sand Sea in Egypt. Developments in Sedimentology, 59.

- Elsevier Publ., Amsterdam, p. 250.
- Benaafi, M., Abdullatif, O., 2014, Sedimentological, Mineralogical and Geochemical Characterization of Sand Dunes in Saudi Arabia.
- Ben-David R., 1993, Stages in the evolution of landscape in the Makhtesh Ramon and Nahal Neqarot areas. *Isr J Earth Sci*, v. 42, p. 189–195.
- Benaafi, M., Abdullatif, O., 2014, Sedimentological, Mineralogical and Geochemical Characterization of Sand Dunes in Saudi Arabia. 10.13140/2.1.2290.0167.
- Benalla, M., Alem, E., Rognon, P. et al., 2003, Les dunes du Tafilalet (Maroc): dynamique éolienne et ensablement des palmeraies. *Sciet changement planétaire/Sécheresse*, v.14, p. 73–83.
- Blatt, H., Middleton, G., Murray, R., 1972. Origin of Sedimentary Rocks. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. 634 p.
- Bragas, L., 2004, Precambrian Research, in Caword, P., Tyler, I., Proterozoic evolution and tectonic setting of the northwest Paterson Orogen, Western Australia, p. 201–498.
- Boissoneault, L., 2017, What Really Turned the Sahara Desert From a Green Oasis Into aWasteland:<https://www.smithsonianmag.com/science-nature/what-really-turned-sahara-desert-green-oasis-wasteland-180962668> (acessado Maio 2022).
- Bubenzer, O., Nabil S. E., Mahmoud M. A., .2020. "Sand Seas and Dune Fields of Egypt" *Geosciences*, v.10, no. 3, 101p.
- Bourman, R.P., Ollier, C.D.; Buckman, S., 2015. Inselbergs e monólitos: uma revisão comparativa de duas formas de relevo australianas icônicas, Uluru (Ayers Rock) e Burringurrah (Monte Augustus). *Zeitschrift für Geomorphologie* , v.59, p.197-227.
- Burkhard,M.,Caritg,S., Helg,U.,Robert-Charrue,C.,Soulaimani,A., 2006,Tectonics of the Anti-Atlas of Morocco, *Comptes Rendus Geoscience*,V.338, p. 11-24.
- Campbell, D.H., 1963. Percussion marks on quartz grains. *J. Sediment. Res.* 33, 855–859. Clemens, K.E., Komar, P.D., 1988. Tracers of sand movement on the Oregon Coast. In: 21st International Conference on Coastal Engineering, Costa del Sol-Malaga, Spain. pp. 1338–1351.
- Costa, P., 2014, Análise microtextural: princípios, procedimentos e caracterização micromorfológica de grãos de quartzo.
- Crouvi, O., Amit, R., Enzel, Y., Porat, N., Sandler, A., 2008, Sand dunes as a major proximal dust source for Late Pleistocene loess in the Negev Desert, Israel. *Quaternary Research*. v, 70, p. 275-282.
- Cruz, C. F., 2010, Hidrologia e Paleohidrologia da Lagoa do Boqueirão – RN inferida

- por proxies Bio hidrogeológicos, 154 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal da Bahia, Bahia.
- Da Silvia, F.E., Amaro, V.E., De Matos, M.F.A., 2015, Análise Multitemporal do Campos de Dunas Móveis do Litoral setentrional do Rio Grande do Norte
- Duane, D.B., 1964, Significance of skewness in recent sediments, Western Pamlico Sound, North Carolina. *Journal of Sedimentary Petrology*.
- El-Sayed,M.I., 1998. Sedimentological characteristics and morphology of the aeolian sand dunes in the eastern part of the UAE: a case study from Ar Rub' Al Khali. Geology Department, United Arab Emirates University, P.O. Box 17551, Al Ain, United Arab Emirates.
- Ellero, A., Ottria, G., Malusà, MG, Ouanaimi, H., 2012, Análise Geológica Estrutural do Alto Atlas (Marrocos): Evidências de uma Cintura Transpressional Fold-Thrust.
- Engelbrecht, J.P., McDonald, E.V., Gillies, J.A., Jayanty, R.K.M., Casuccio, G., Gertler, A.W., 2009b. Characterizing mineral dusts and other aerosols from the Middle East – Part 2: grab samples and re-suspensions. *Inhalation Toxicology*, p.327–336.
- Eslamizadeh, A., Ghanei, M., Samanirad,S., 2010, Geological Processes of Sand dune Development in Sadegh Abad Near Bafq, Centeral Iran and Its Geotourism Attraction.
- Fenton L. K., Bishop J. L., King S., Lafuente B., Horgan B., Bustos D., Sarrazin P., 2017, Sedimentary differentiation of aeolian grains at the White Sands National Monument, New Mexico, USA, *Aeolian Research*, v. 26,p. 117-136,
- Fenton, L., Bishop, J., King, S., Lafuente, B., Horgan, B., Bustos, D., Sarrazin, P., 2016, Sedimentary differentiation of aeolian grains at the White Sands National Monument, New Mexico, USA. *Aeolian Research*. v. 26.
- Ferreira, C., 2020, Hidrologia e paleohidrologia da lagoa do boqueirão - RN inerida por proxies biohidrogeológicos [Tese de Doutorado]: Bahia, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências.
- Ferreira, J., 2021, Estudo Sedimentológico dos Depósitos Eólicos Inativos do Campo de Dunas do Baixo São Francisco em Alagoas. 2022. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL.
- Folk, R.L., Ward, W.C., 1957, Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 27, p 3-26.
- Gardner, R.A.M., Pye, K., 1981. Nature, origin and palaeoenvironmental significance of

- red coastal and desert sand dunes. *Progress in Physical Geography*, p.514–534.
- Goudie, A.S., Warren, A., Jones, D.K.C., Cooke, R.U., 1987. The character and possible origin of the aeolian sediments of the Wahiba Sand Sea, Oman. *The Geographical Journal*, p.153, 231–256.
- Garfunkel Z., Derin, B., 1984, Permian-early Mesozoic tectonism and continental margin formation in Israel and its implications for the history of the Eastern Mediterranean. *Geol Soc Lond Spec Publ* 17, p. 187–201. doi: <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1984.017.01.12>
- Garfunkel Z., Derin B., 1988, Reevaluation of latest Jurassic- early Cretaceous history of the Negev and the role of magmatic activity *Isr J Earth Sci*, v. 37, p. 43–52
- Giannini, P., et al., 2008, Dunas e paleodunas eólicas costeiras e interiores , Souza, C., Suguio, K. & Oliveira, A., Oliveira, P., Quaternário do Brasil.
- Gonçalves, R. A., et al., 2008, Classification of aeolian features of Maranhão state sandsheets, Brazil, v. 2, n. 3. ISSN 1984-2201.
- Goudie, A., 2002, Great Warm Deserts of the World. Oxford: Oxford University Press, 444p.
- Gvirtzman Z., Garfunkel Z., Gvirtzman G., 1998, Birth and decay of an intracontinental magmatic swell: Early Cretaceous tectonics of southern Israel. *Tectonics*, v. 13, p. 441–457
- Haghipour, A., 1977. Geological map of the Biabanak- Bafq area (scale 1:500,000). Geological Survey of Iran.
- Hateren,V., van Buuren, U., Arens, S., Van Balen, R., Prins, M., 2019. Identifying sediment transport mechanisms from grain size-shape distributions. 10.5194/esurf-2019-58.
- Howari, F.B., Baghdady, A.G., Goodell P.C., 2007, Mineralogical and geomorphological characterization of sand dunes in the eastern part of United Arab Emirates using orbital remote sensing integrated with field investigations. *Geomorphology*. v. 83, o. 67-81. 10.1016/j.geomorph.2006.06.015.
- Hunt, C. B., 1975, Death Valley: geology, ecology, archaeology. Univ of California Press.
- J.-H. May, 2013; Dunes and dunefields in the Bolivian Chaco as potential records of environmental change, *Aeolian Research*, v. 10, p. 89-102,
- Joly, F., Margat, J., 1955, L'évolution récente du réseau hydrographique dans la plaine du Tafilalt (Sud-Est marocain). *Notes et Mém*, v.123, p. 59–72.

- Krenkel E., 1924, Die Bruchzonen Ostafrikas. Geol Rundsch, v.14, p.209–232
- Korngreen D., Benjamini C., 2011, Platform to shelf edge transect, Triassic of northern Israel, North Arabian Plate. Sediment Geol, v. 236, p. 164–184.  
<https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2011.01.004>.
- Korngreen D., Orlov-Labkovsky O., Bialik O., Benjamini C., 2013, The Permian–Triassic transition in the central coastal plain of Israel (north Arabian plate margin), David 1 borehole. PALAIOS 28, doi: 491–508. doi:  
<https://doi.org/10.2110/palo.2012.p12-042r>.
- Lambeck K. , 996; Shoreline reconstructions for the Persian Gulf since the last glacial maximum. Earth and Planetary Science Letters, v. 142, p. 43–57.
- Lancaster, N., Mountney,N., 2021. Eolian Processes and Sediments in Scott A. Elias, Encyclopedia of Geology., p. 809-829.
- Lancaster, N., 2021. Sand Seas and Dunefields in Shroder, J. Treatise on Geomorphology, p. 1-17.
- Lancaster, N., 1995. Geomorphology of Desert Dunes. Routledge, New York, 290 p.
- Lewy, Z., 1989, Correlation of lithostratigraphic units in the upper Judea Group (Late Cenomanian-Late Coniacian) in Israel. Isr J Earth Sci, v. 38, p. 37–43
- Lima, I. S., et al., 2008, "A morfodinâmica na margem direita do rio real, Mangue Seco, litoral norte da Bahia.
- Mahaney, W.C., 2002. Atlas of Sand Grain Surface Textures and Applications. University Press, Oxford, p. 237.
- Manare, A., Azzaoui, A., Elbelrhiti, H., Ahmamou, M., Masmoudi, L., Chibani, M., 2016. Yerdi sand dunes (Erfoud area, southeastern of Morocco): color, composition, sand's provenance, and transport pathways. Arabian Journal of Geosciences. v.9.
- Mahaney, W., 2002, Atlas of Sand Grain Surface Textures and Applications.
- Martins, L.R., 1965, Significance of skewness and kurtosis in environmental interpretation. Journal of Sedimentary Petrology, p. 768-770.
- McTainsh, G. & Livingstone, I. & Strong, Christina. 2013. Fundamentals of aeolian sediment transport: Aeolian sediments in Shroder, J. Treatise on Geomorphology. v.11, p.23-42. 10.1016/B978-0-12-374739-6.00296-7.
- Meira, S. A., Morais, J. O., 2018, Inventário e Avaliação do Patrimônio Geológico do Parque Nacional de Jericoacoara, Ceará, Brasil. Ateliê Geográfico, Goiânia, v. 11, n. 3, p. 53–76. DOI: 10.5216/ag.v11i3.42221.
- Melo, M.S.; Sinfrônio, E.A.S.; Giannini, P.C.F.; Fachini, M.; Victorino, M.C. 2004.

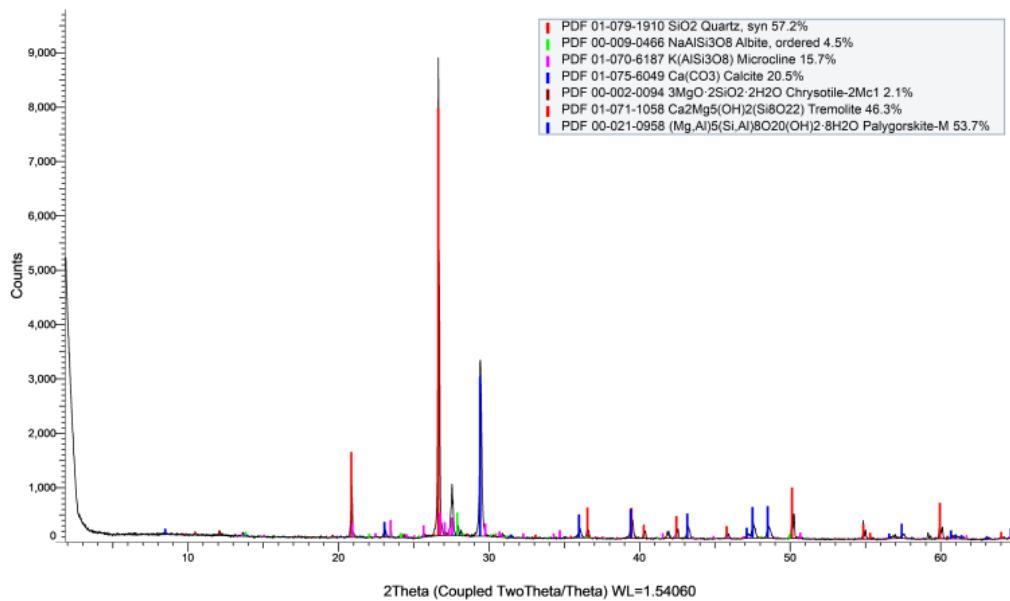
- Manual de Procedimentos Analíticos. São Paulo, Labsed – Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências da USP, 45p (inéd.).
- Muhs.D, 2003. Mineralogical maturity in dunefields of North America, Africa, and Australia. U.S. Geological Survey, MS 980, Box 25046, Federal Center, Denver, CO 80225, USA Nichols, G., 2009. Sedimentology and Stratigraphy, Second Edition. Wiley-Blackwell, 419p. Suguio, K., 2003. Geologia Sedimentar. Editora Blusher. 416p.
- Nascimento, M.C., 2009. A erosão costeira e sua influência sobre a atividade petrolífera: alternativas sustentáveis na mitigação de impactos ambientais. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica – PPGG), UFRN. Natal, RN, p. 1-39.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A., 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, v.2, p. 439–473.
- Refaat, A.A. , Hamdan, M.A., 2015, Mineralogy and grain morphology of the aeolian dune sand of Toshka area, southeastern Western Desert, Egypt,Aeolian Research, v.17, p. 243-254.
- Ramazani, J. and Tucker, R.D., 2003.The Saghand region Central Iran: U-Pb geochronology, petrogenesis and implications for Gondwana Tectonics, American Journal of Science,v. 6, p. 622-665.
- Rios, V.P.L., Amaro, V.E., 2012, Caracterização dos depósitos sedimentares Holocénicos no sistema de ilhas barreiras do estuário diogo Lopes, litoral setentrional do rio Grande do Norte. Revista de Geologia (Fortaleza), v. 25, p. 55-69.
- Robaina, L.E., Morais, F., 2013, Patrimônio Geomorfológico na porção leste do Estado de Tocantins - Região do Jalapão, Revista Geonomos, v. 21. doi: 10.18285/geonomos.v21i2.276.
- Santos, J.F.J., 2021, Estudo Sedimentológico dos Depósitos Eólicos Inativos do Campo de Dunas do Baixo São Francisco em Alagoas - Universidade Federal de Alagoas - Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Bacharelado em Geografia do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal de Alagoas como requisito à obtenção do grau de Bacharel em Geografia.
- Sgarbi,G., 1991, Arenitos eólicos da formação areado (Bacia cretácea do São Francisco): Caracterização, Diagênese e aspectos químicos).

- Sarnthein M., 1972; Sediments and history of the postglacial transgression in the Persian Gulf and northwest Gulf of Oman. *Marine Geology*, v.12, p. 245-266.
- Siqueira,A. S. A., 2011, Geoquímica das lateritas do Domínio Médio Coreaú - Noroeste do estado do Ceará. Dissertação. (Mestrado em Geologia). Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Silva, N., 2020, .Desempenho de um compósito solo-polímero para aplicabilidade em obras geotécnicas e de pavimentação. xviii, 111 f., il. Dissertação (Mestrado em Geotecnia)—Universidade de Brasília, Brasília.
- Sherafat, S., Yavuz, F.,Noorbehesht, I., Yildirim, D., 2012, Mineral chemistry of Plio-Quaternary subvolcanic rocks, southwest Yazd Province, Iran. *International Geology Review*. v. 54, p. 1497-1531.
- Souto, M.V.S., 2009. Análise da evolução costeira do litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, região sob influência da indústria petrolífera. Tese de Doutorado (Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica – PPGG), UFRN. Natal, RN, p. 7-18. Tapia, J., González, R., Townley, B., Oliveros, V., Álvarez, F., Aguilar, G., Menzies, U., Calderón, M., 2018, Geology and geochemistry of the Atacama Desert. *Antonie Van Leeuwenhoek*, doi: 10.1007/s10482-018-1024-x. Teixeira, W., Toledo, M.C.M. de, Fairchild, T.R., Taioli, F., org., 2000, Decifrando a Terra: São Paulo, Oficina de Textos, 623p.
- Suguiio, K.,1980, Rochas Sedimentares. São Paulo, Ed. Edgard Blücher - Edusp. p.500.
- Tapia, J. González, R., Townley, B., Oliveros, V., O., et al., 2018. Geology and geochemistry of the Atacama Desert. *Antonie van Leeuwenhoek*.
- Tsoar, H., Arens, S., 2008, Mobilization and stabilization of sands dunes in humid and arid climates, Mercator, Fortaleza, p. 1984-2201.
- Tyler, I., Sheppard, S., Pirajno, F., Griffin, T., 2006, Geological Survey of Western Australia, 100 Plain Street, East Perth 6004, Australia:  
<http://www.largeigneousprovinces.org/06aug> (acessado em março 2022).
- Uba, E.C., Heubeck, C., Hulka, C., 2006. Evolution of the late Cenozoic Chaco foreland basin, Southern Bolivia. *Basin Research*, v. 18, p. 145–170.
- Oulidi, J. H., Benaabidate, L., Jaafari S., 2004, Impact de la désertification sur les systèmes d'irrigation dans la plaine de Tafilalet. *J Int de l'Eau et de l'Environ* v. 5, p. 52–60.

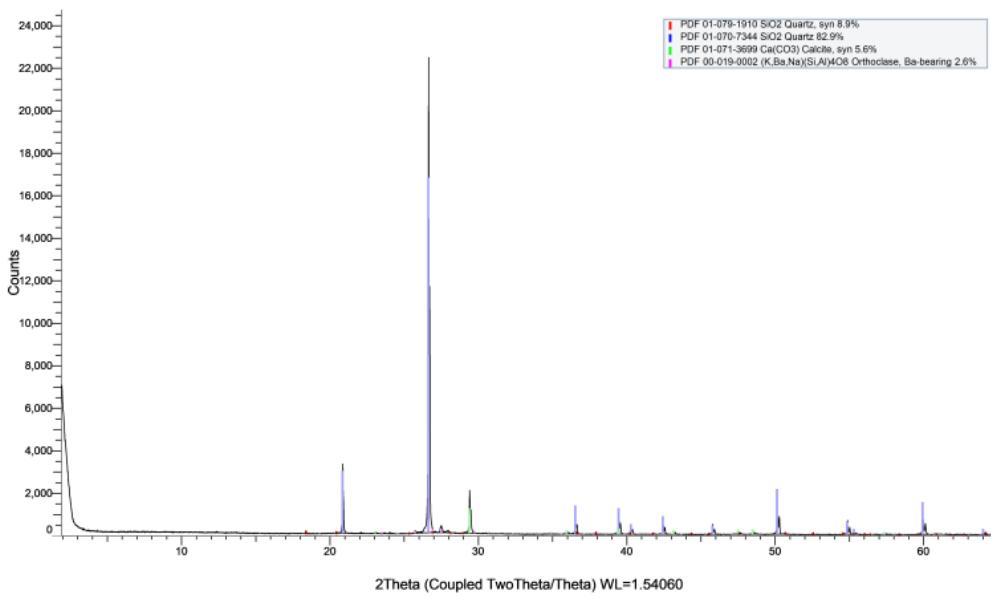
## APÊNDICES

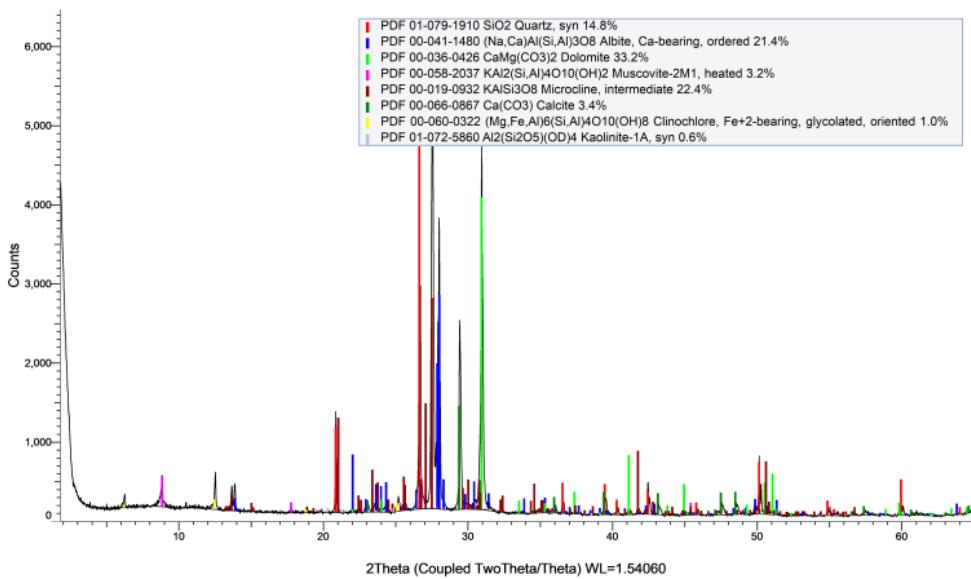
### Apêndice A

#### Arabia Saudita - Red Sands Dunes



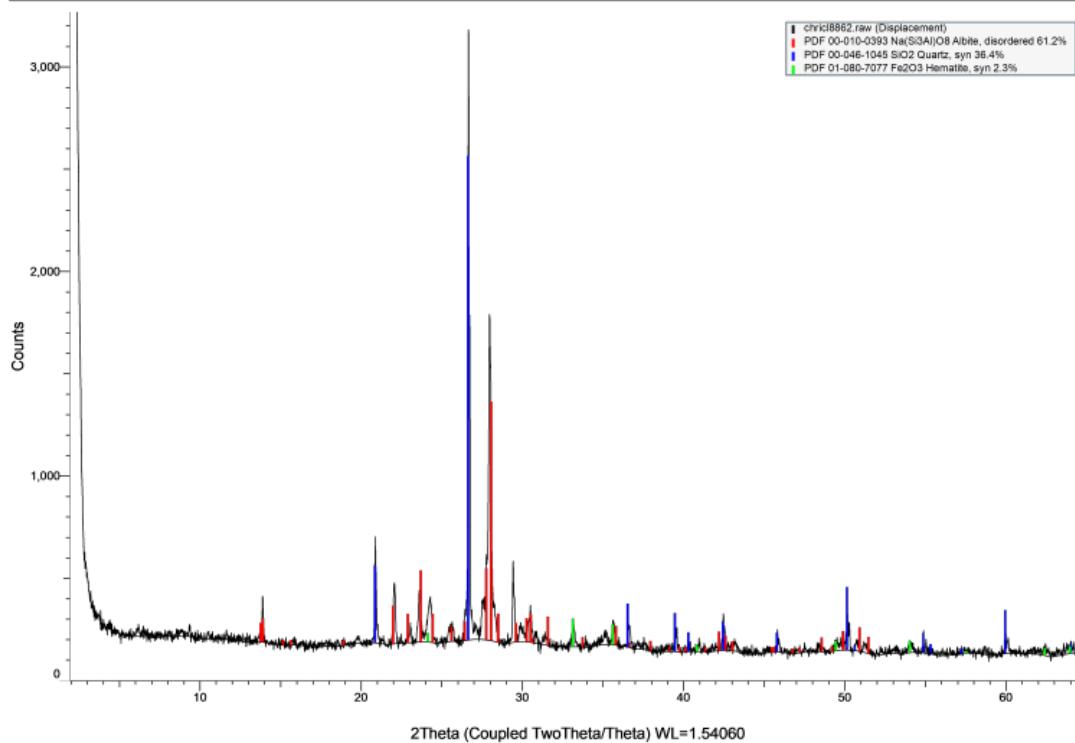
#### Egito



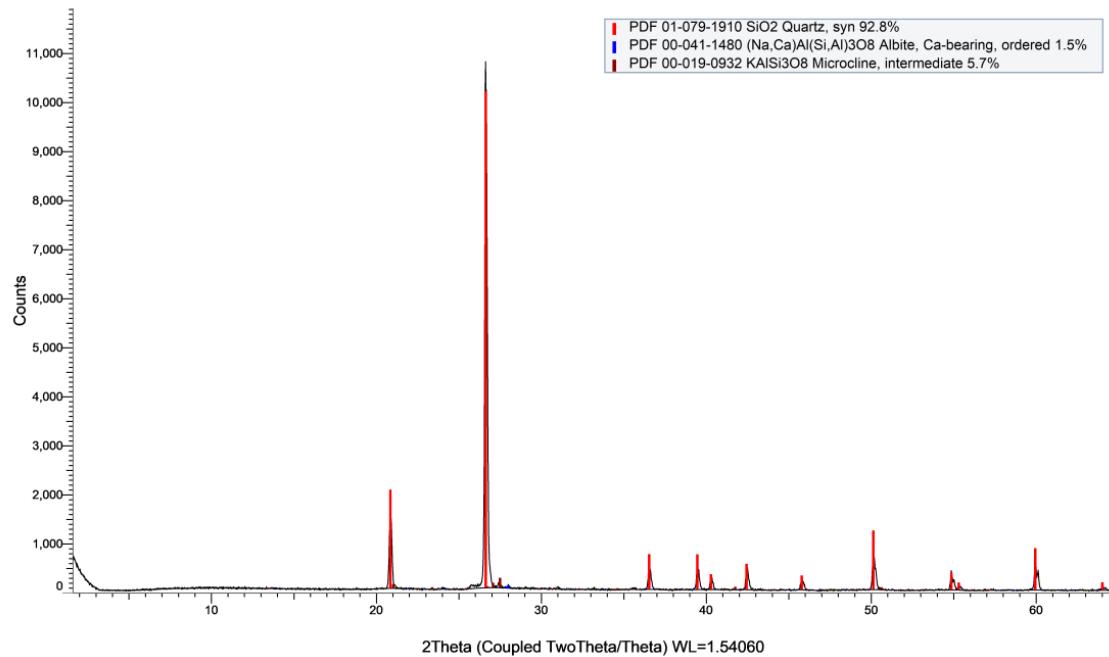


## **Irā - Yazd**

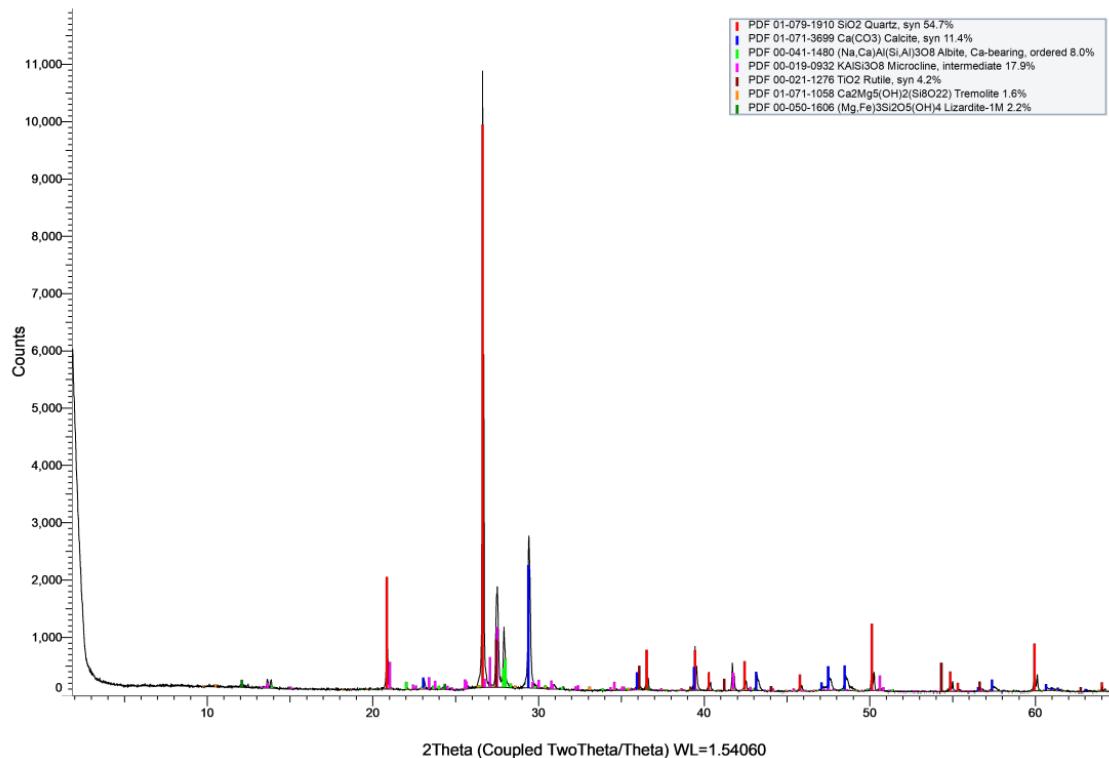
**Chile – Deserto do Atacama (Vale da Lua)**



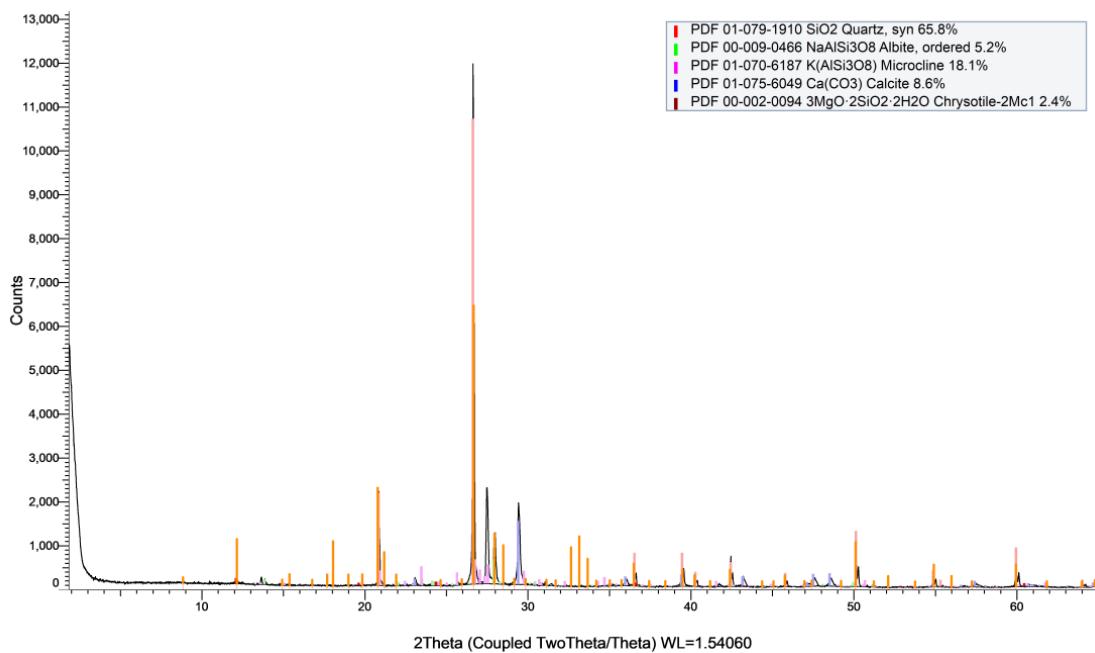
## Israel – Negev



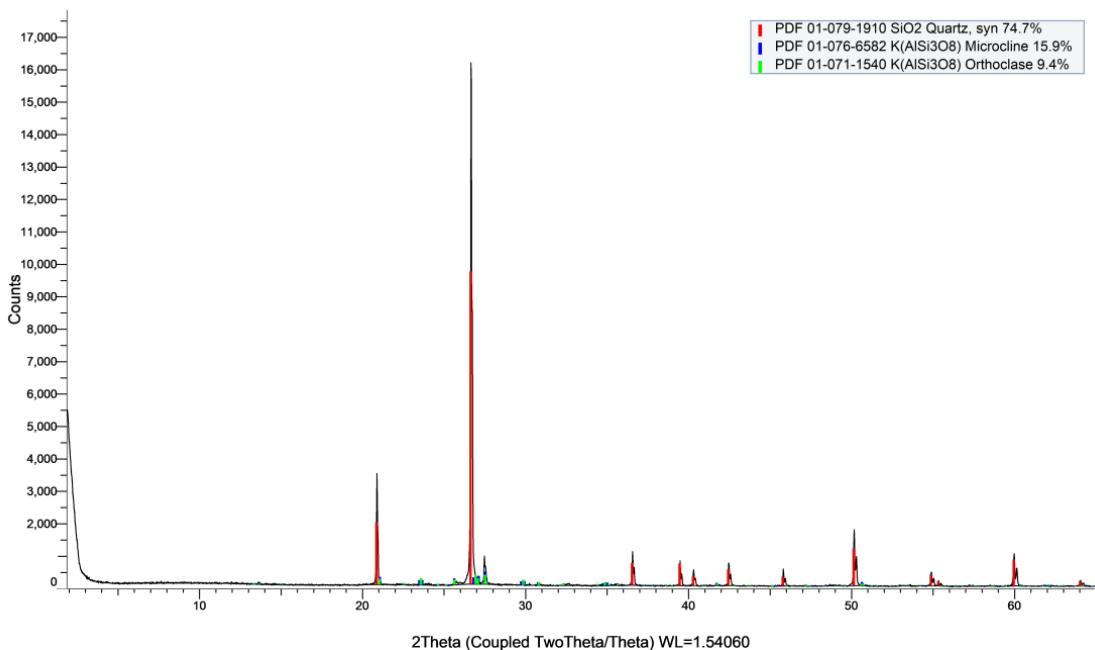
## Emirados Árabes Unidos – Dubai (Rub Al-Khali)



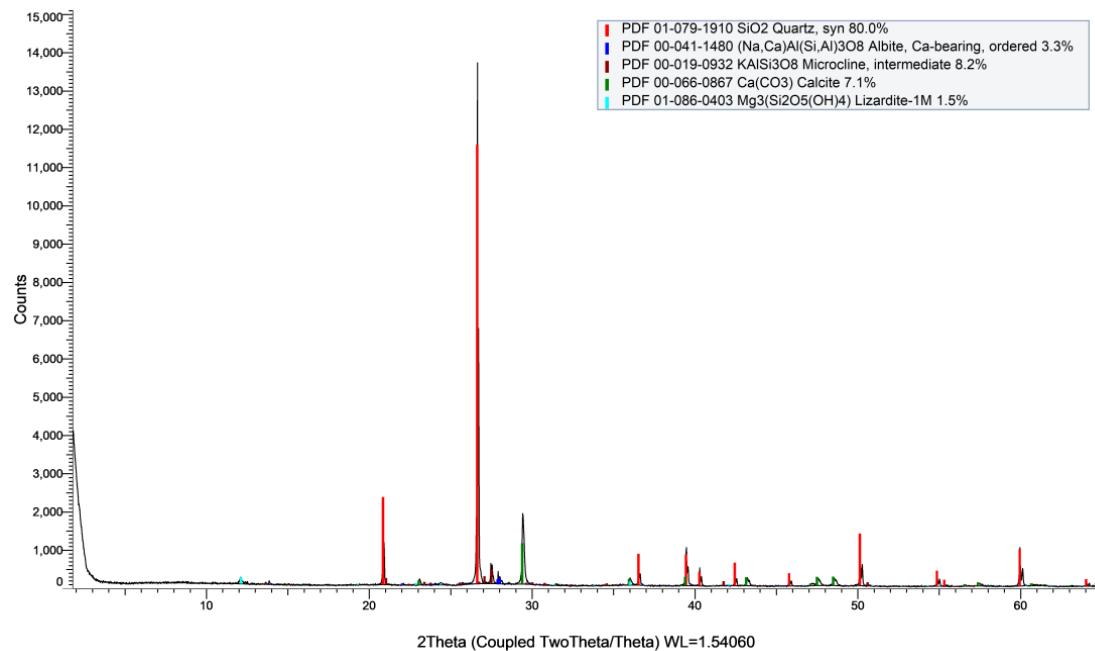
## Emirados Árabes Unidos – Al Madam



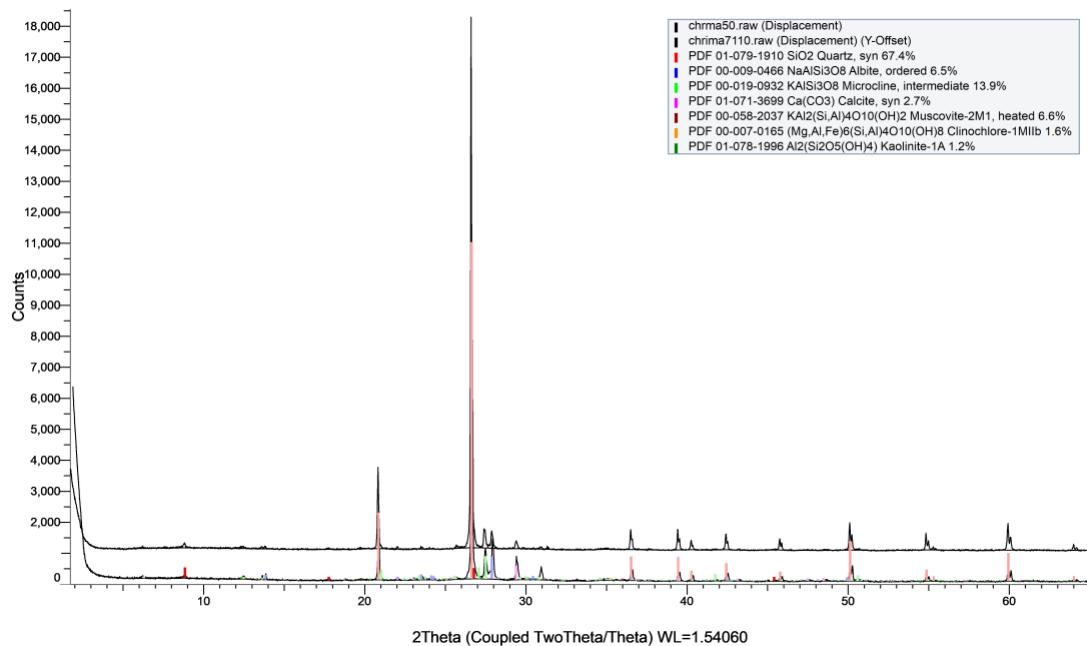
## Austrália



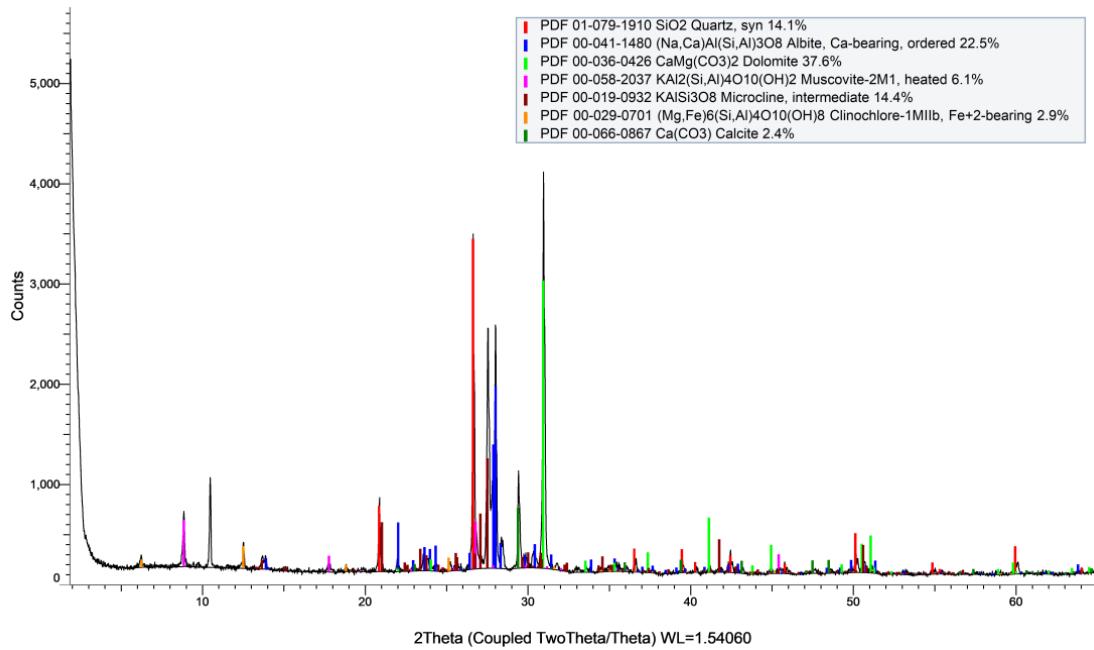
## Marrocos - Merzouga



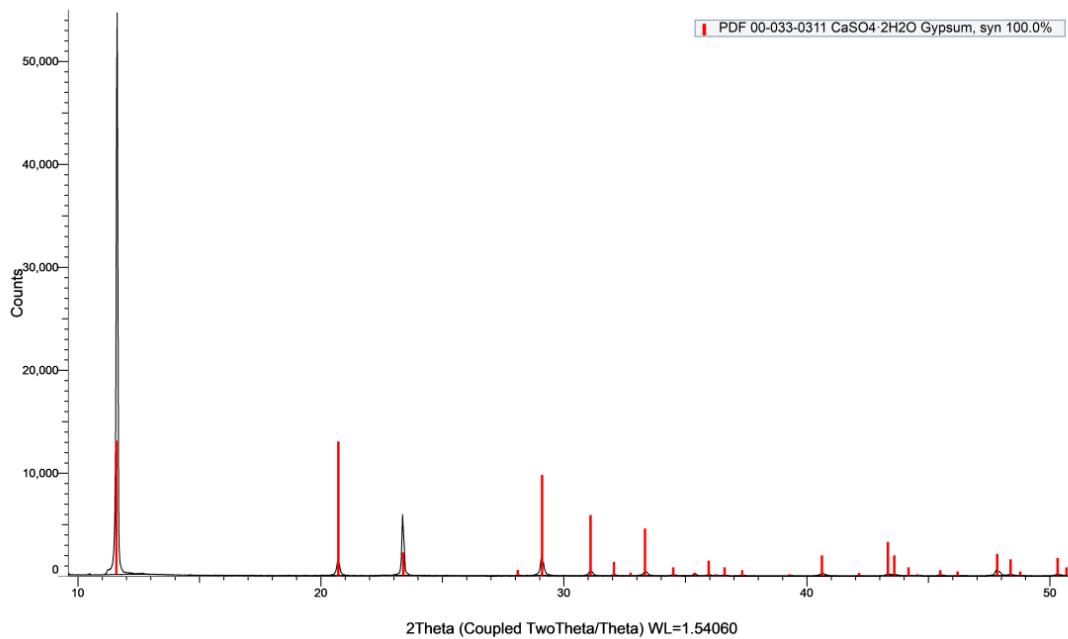
## Marrocos – Mhamid e Zagora



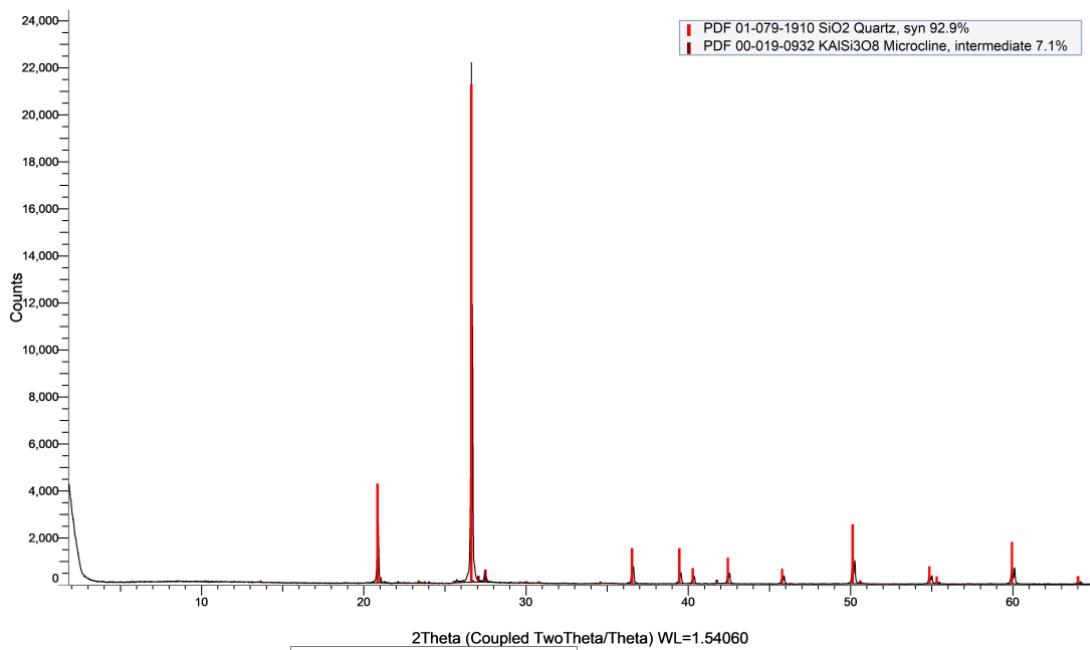
## USA – Death Valley



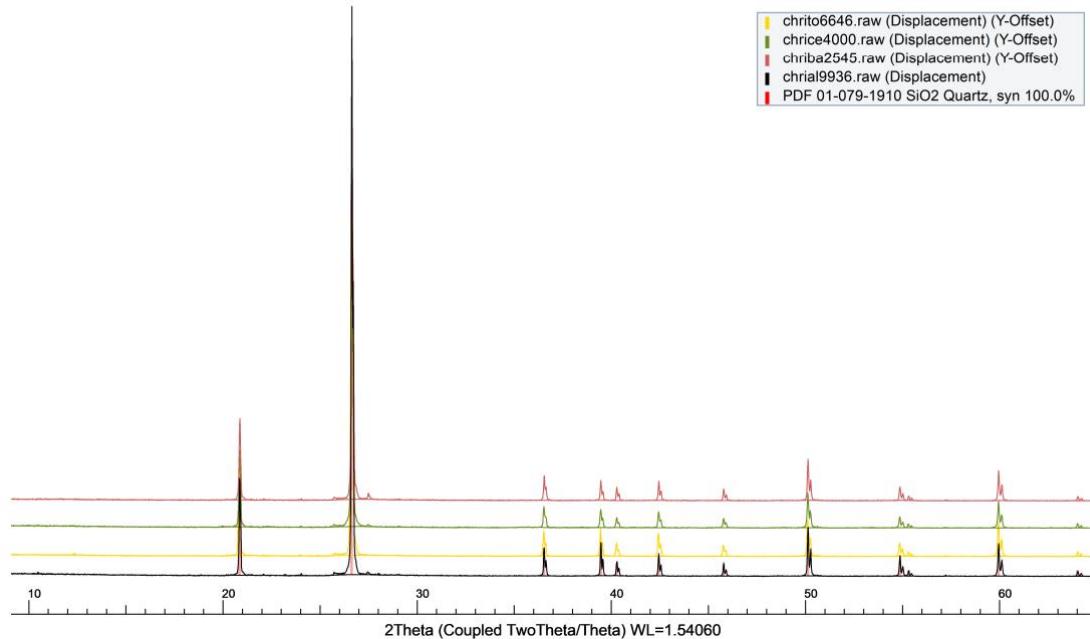
## USA – White Sands



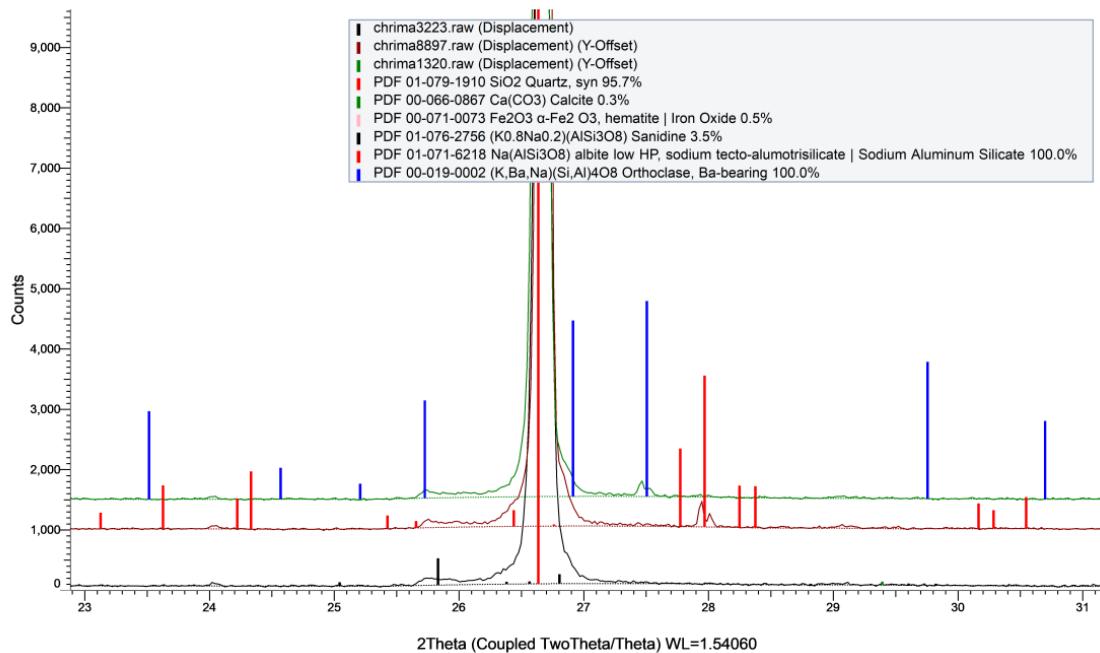
## Bolívia – Duna Santa Cruz



Tocantins, Ceara, Bahia e Alagoas, BR (TO6646, CE400, BA2545)AL9936



**Maranhão, BR - Duna Olho d'água, Lagoa Azul e Lagoa dos Peixes  
(MA3223\_MA8897\_MA1320)**



**Rio Grande do Norte, BR - Duna Boqueirão e Morro do Careca no Rio Grande do Norte  
(RN7361, RN2505)**

**RN 7361 x RN2505**

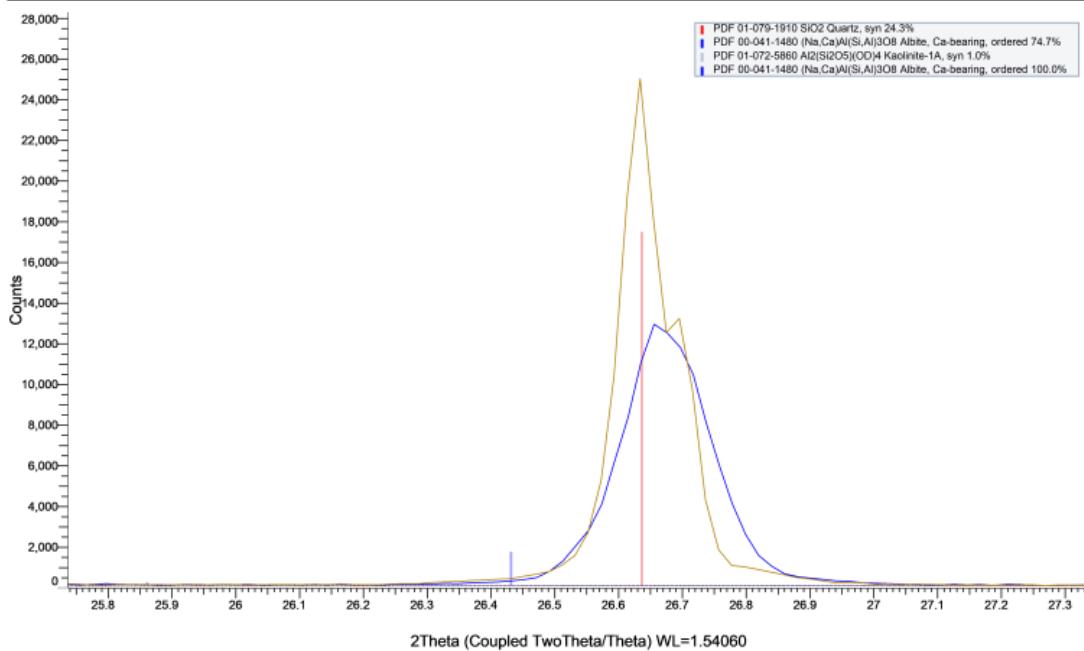




Foto: Reginaldo Bertolo

# AREIAS EÓLICAS

## Clima desértico

*Isabela de Souza Lima  
Christine Laure Marie Bourotte*

## INTRODUÇÃO

Sedimento é definido como uma partícula, fragmento de rocha de origem biogênica ou mineral. Os sedimentos terrígenos são formados por fragmentos de materiais derivados de outras rochas, sejam elas sedimentares, metamórficas e/ou ígneas, que passam primordialmente por um processo de intemperismo químico ou físico (Suguio, 2003).

As areias são partículas cujo tamanho varia entre 0,063mm e 2 mm., produtos de desintegração de rochas. Sendo assim, as características destes fragmentos contam a história de todo seu percurso e dos processos pelo qual eles passaram, desde sua formação, intemperismo, transporte até sua deposição. Onde a areia muito fina varia de 0,063 mm a 0,125 mm areia fina varia entre 0,125 mm a 0,25 mm, a areia média 0,25 mm a 0,5 mm, areia grossa de 0,5 mm a 1,0 mm e areia muito grossa de 1,0 mm a 2,0 mm.

O termo "eólico" é usado para descrever os processos de transporte pelo vento de sedimentos finos até o tamanho da areia. Sistemas eólicos são aqueles em que os depósitos são compostos principalmente de material transportado pelo vento, e ocorrem geralmente em regiões desérticas e costeiras (Nichols, 2009).

Em geral, as dunas são comuns em áreas litorâneas, como as que ocorrem na costa do Brasil (Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte, Sergipe, Alagoas, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), e também podem ocorrer em áreas continentais, geralmente em regiões desérticas, como no norte e sudoeste da África (Saara e Namíbia) e na Ásia (Fig. 1). Em suma, os campos de dunas podem ser costeiros ou continentais (Suguio, 1998).

# INTRODUÇÃO

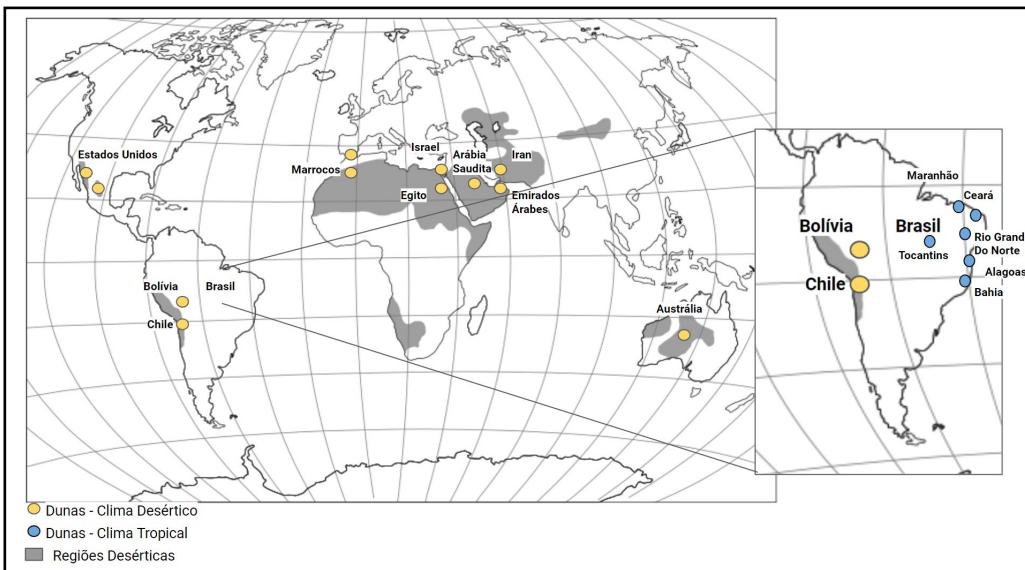


Figura 1: Campos de dunas estudados.

A falta de materiais didáticos em Geociências e a insuficiência de cultura geológica dos alunos do ensino Fundamental e Médio e da população em geral motivaram a proposta de criação da coleção de sedimentos e catálogo online, para que seja acessível pelos professores e o público em geral, despertando o interesse para o estudo de geociências. O acervo de amostras de sedimentos é significativo e a coleção conta com areias de diversas localidades do mundo, do Brasil e de todo o litoral do Estado de São Paulo, e vem sendo desenvolvido desde 2010. Hoje o acervo alimenta também a coleção de materiais didáticos do IGc-USP e permite fornecer amostras para oficinas de divulgação bem como ilustrar diferentes sistemas sedimentares (rios, praias, dunas, desertos, por exemplo) e diferentes contextos geológicos (vulcânicos, recifes carbonáticos, rochas cristalinas etc.) em atividades práticas de disciplinas oferecidas pelos cursos de Bacharelado em Geologia e Licenciatura em Geociências e Educação Ambiental.

O presente trabalho tem como objetivo a caracterização das amostras de areias eólicas da coleção didática do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, que consiste em i) pesquisa bibliográfica sobre contexto geológico e climático da região onde foram coletadas as amostras a serem estudadas, ii) análise granulométrica (tamanho dos gâos), iii) análise mineralógica e iv) seleção e análise da textura dos sedimentos.



Foto: Reginaldo Bertolo

## Vale da Lua - CHILE



## Localização

São Pedro do Atacama, está localizada na costa Oeste da América do Sul central, desde o norte do Peru ( $5^{\circ}$  S) até a região de La Serena, Chile ( $30^{\circ}$  S). Localizado na depressão que rodeia Sierra Orbata a 2550 metros sobre o nível do mar. fica na Cordilheira de la Sal e na borda do Salar de Atacama.

## Geologia

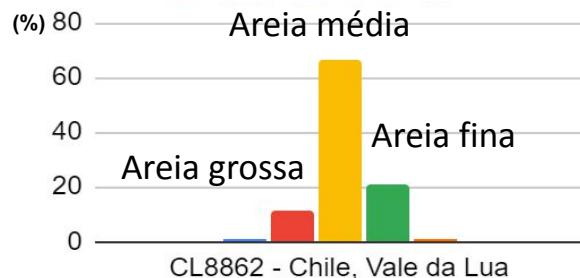
A região do Atacama é classificada como "bacia e cordilheira", ou seja, uma região árida, montanhas e um sistema de drenagem (Goudie, 2013).

Rochas do embasamento: Metamórficas e Ígneas;

Após a Era Mesozóica : Sequência de rochas andesíticas e corpos plutônicos, preenchimento das bacias por calcário e fósseis, fluxos ignimbritos foram amplamente depositados no Neógeno pela intensa atividade vulcânica (Tapia et al., 2018).

## Granulometria

Areia Média e moderadamente selecionada.



## Mineralogia

Quartzo, feldspato e argilominerais e óxido de ferro.

## Tectônica

Margem convergente presente desde a Era Mesozoica; Tectonica ativa na Cordilheira dos Andes (Tapia et al., 2018).

## Clima

Árido quente (BWh)

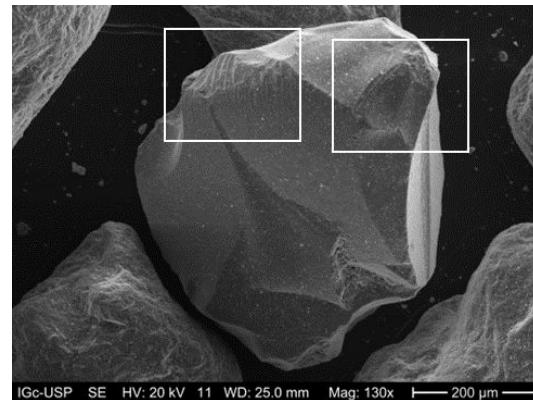
## Referência

Tapia, J. González, R., Townley, B., Oliveros, V., O., et al., 2018. Geology and geochemistry of the Atacama Desert. Antonie van Leeuwenhoek.

Sarricolea, P., Herrera Ossandón, M., Meseguer-Ruiz, O., 2017, Climatic regionalisation of continental Chile. Journal of Maps. 13.

**LUPA (aumento 8X)****MEV**

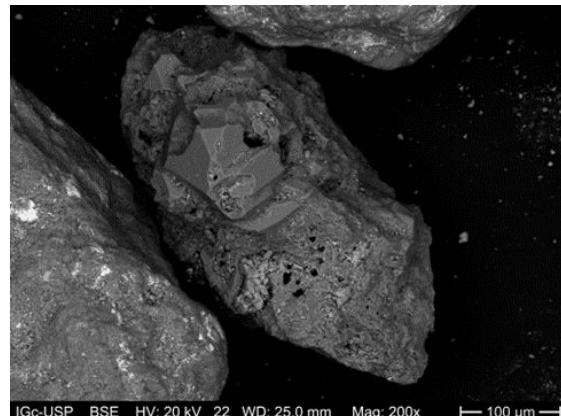
Marcas de ação mecânica no grão de Quartzo:



Marcas de ação mecânica são causadas por impactos durante a saltação, colisão entre os grãos, etc.

**LUPA (aumento 20 X)****MEV**

Marcas de ação química no grão de Quartzo:



As marcas resultantes de processos químicos são causadas por precipitação na superfície dos grãos de quartzo, rachaduras em formas triangulares, fraturas conchoidais e sulcos por solução.



Foto: Maree Clout

## Uluru-Kata Tjuta- AUSTRÁLIA



## Localização

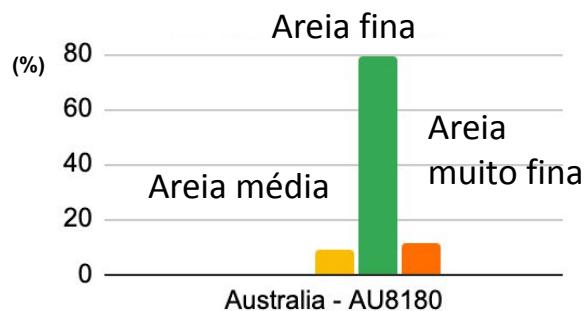
O Parque Nacional Uluru-Kata Tjuta, localizado na região norte da Austrália, é um parque nacional e Património Mundial da Unesco.

## Geologia

Próximo ao Uluru formado por arenito arcósio de composição aproximada 50% Feldspato, 25-30% de quartzo e outros 25% de conglomerados de outras rochas (Bourman et al., 2015)

## Granulometria

Areia fina e bem selecionada.



## Mineralogia

Quartzo e feldspato.

## Tectônica

Margem convergente presente desde a Era Mesosoica; Tectonica ativa na Cordilheira dos Andes (Tapia et al., 2018)

## Clima

Árido quente (BWh)

## Referência

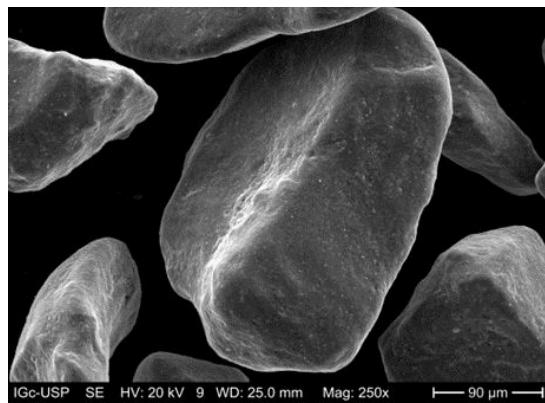
Bragas, L., 2004, Precambrian Research, in Caword, P., Tyler, I., Proterozoic evolution and tectonic setting of the northwest Paterson Orogen, Western Australia, p. 201-498.  
 ,Bourman, R.P., Ollier, C.D.; Buckman, S., 2015. Inselbergs e monólitos: uma revisão comparativa de duas formas de relevo australianas icônicas, Uluru (Ayers Rock) e Burringurrah (Monte Augustus). Zeitschrift für Geomorphologie , v.59, p.197-227.

LUPA (aumento 8X)



MEV

Grão de Feldspato.



LUPA (aumento 20X)



MEV

Película de argilomineral que recobre os grãos dos desertos.





Foto: [https://en.wikipedia.org/wiki/White\\_Sands\\_National\\_Park](https://en.wikipedia.org/wiki/White_Sands_National_Park)

## White Sands - EUA



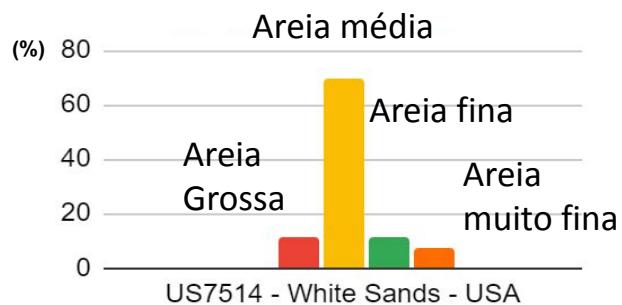
0,5 mm

## Localização

Estado de New Mexico (eastern Doña Ana County at 32°23'3"N 106°29'52"W (32.384064, -106.497698) localizado na Bacia de Tularosa

## Granulometria

Areia média e moderadamente selecionada.



## Geologia

White Sands está localizada na parte sul Bacia Tularosa , inserido no Rift de Rio Grande, sua história geológica começou por volta de 250 milhões de anos (Permiano), onde a região do Novo México estava submerso por um mar raso, neste período ocorreu a formação de calcário, gipsita, arenito e lamitos. O rift de Rio Grande começou a se formar há cerca de 25 milhões de anos e no final da última Era Glacial, o Lago Otero ocupou grande parte do sudoeste da bacia,a cerca de 15 mil anos a medida que o clima ia se tornando mais quente e seco a maior parte do Lago Otero secou formando desertos de composição predominante de sulfato de cálcio (Baitis et al., 2014).

## Mineralogia

Gipsita.

## Tectônica

Placa Norte Americana com regime convergente com a placa do Pacífico

## Clima

Tropical á subtropical (BSk)

## Referência

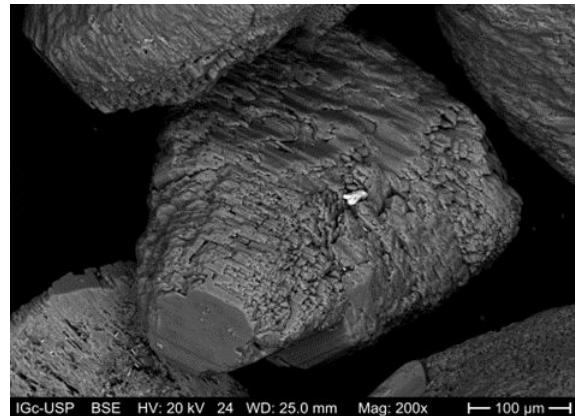
Baitis, E., Kocurek, G., Smith,V., Mohrig,V., Ewing,R.C., A. Peyret,P.B., 2014, Definition and origin of the dune-field pattern at White Sands, New Mexico, Aeolian Research, v. 15,p. 269-287.

LUPA (aumento 8X)



MEV

Grão de Gipsita



LUPA (aumento 20X)



MEV

As setas indicam marcas de ação mecânica e o quadrado mostra marcas de ação química provocadas por dissolução.

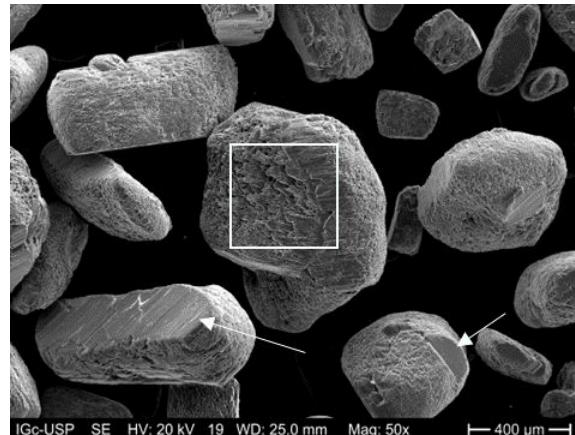




Foto: Luiz Eduardo Anelli

## Death Valley - EUA



## Localização

Localizado no leste do Estado da Califórnia, o Vale da Morte é um vale desértico localizado no leste da Califórnia, ao norte do deserto de Mojave, na fronteira com o Deserto da Grande Bacia. É um dos lugares mais quentes do mundo no auge do verão, juntamente com os desertos no Oriente Médio.

## Geologia

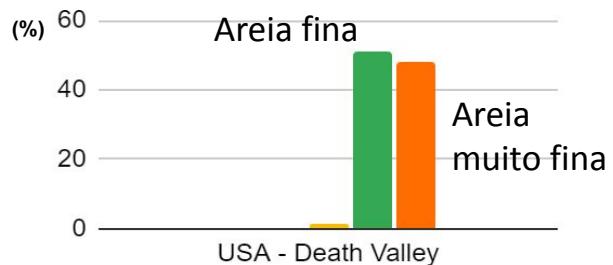
A região é controlada por movimento de falhas do Butte Valley da era Jurássica, onde a placa superior é composta por xisto e gnaisse de idade Paleoproterozóica, acima a uma sequência de rochas mesoproterozóicas e neoproterozóicas (diamictito), já a placa inferior é composta por formações marinhas do Devoniano ao Permiano, que são sobrepostas por rochas sedimentares e vulcânicas do Jurássico. Apresenta também Plútons que invadem a Falha de Empurrao do Butte Valley, de idade Jurássico Superior e Cretáceo. A região possui uma acentuada erosão ao longo do Warm Spring Canyon e seus afluentes (Hunt, 1975).

## Clima

Subtropical, hot desert climate (BWh)

## Granulometria

Areia fina a muito fina e bem selecionada.



## Mineralogia

Quartzo, feldspato, carbonato e anfibólio.

## Tectônica

Inserido em um sistema de falha de deslizamento (Falha do Vale da Morte e Falha do Furnace Cree).

## Referência

Hunt, C. B., 1975, Death Valley: geology, ecology, archaeology. Univ of California Press, Atkinson, O., Thomas, D., Goudie, A., Parker, A., 2012. Holocene development of multiple dune generations in the northeast Rub' al-Khali, United Arab Emirates. The Holocene, p. 179-189.

Baitis, E., Kocurek, G. Smith,V., Mohrig,V., Ewing,R.C., A. Peyret,P.B., 2014, Definition and origin of the dune-field pattern at White Sands, New Mexico, Aeolian Research, v. 15,p. 269-287.

LUPA (aumento 8X)



LUPA (aumento 20X)





Foto: Diego Alejandro Nuñes

## Santa Cruz de La Sierra – Bolívia



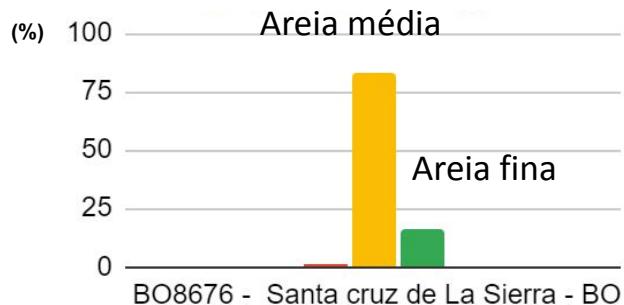
0,5 mm

## Localização

Lomas de Arena Regional Park localizado em Santa Cruz de la Sierra, centro comercial da Bolívia.

## Granulometria

Areia média e bem selecionada.



## Geologia

Delimitado a leste pelo foreland andino (elevação Cenozóica), que são dominados por grandes sistemas fluviais responsáveis por transportar sedimentos, servindo de fonte para o sistema eólico.

## Mineralogia

Quartzo e feldspato.

## Tectônica

Inserido na placa Altiplano possui um limite divergente com a placa de Nazca.

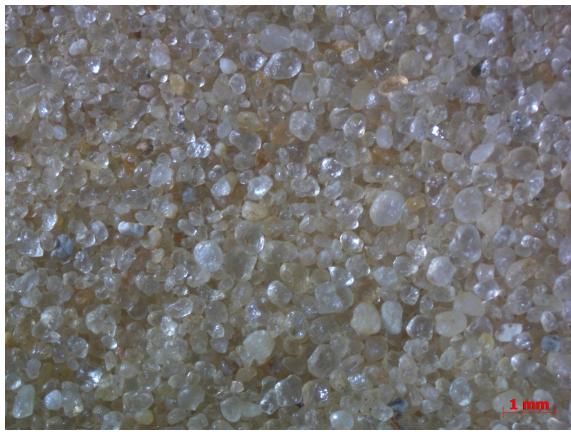
## Clima

Clima de savanna tropical (Aw)

## Referência

Uba, E.C., Heubeck, C., Hulka, C., 2006. Evolution of the late Cenozoic Chaco foreland basin, Southern Bolivia. Basin Research, v. 18, p. 145–170.

LUPA (aumento 8X)



LUPA (aumento 20X)





Foto: <https://www.carpemundi.com.br/merzouga-no-marrocos-deserto-tour-saara/>

## Saara – MARROCOS



## Localização

Merzouga é uma pequena aldeia Berbère no deserto do Saara.

Sul do marrocos, na província de Zagora e à região de Souss-Massa-Drâa.

Entre Abu Simbel e Aswan (nubian plain) Sudeste do egito (western desert area), próximo ao deserto de Toshka.

## Geologia

A região está inserida em terrenos sedimentares de idade Pré-cambriana, bacia sedimentar cretácea do Errachida-Boudnib ao norte, ao norte no Alto Atlas Oriental por rochas metamórficas de idade paleozóica, que foram afetadas pelo tectonismo da orogenia Herciniana, argilas salinas de idade Triássica, cobertas por fluxos basálticos do Calcário Lias inferior e médio e rochas clásticas formada por carbonatos em sua base e argila no topo da deposição. Os depósitos do Quaternário Inferior são compostos por calcário e conglomerados, cobertos por depósitos flúvio lacustre do Quaternário Superior.

## Clima

Árido quente (BWh)

## Tectônica

Inserido na Placa Africana em contato com a placa Arábica, Sul-Americana, Indiana, Eurasiática, Caribe, Australiana e placa Antártida. Porém devido a evolução do Rift da África Oriental, a placa Africana está se subdividindo e Placa Somália e Placa Núbia que possuem um limite divergente, conhecidos como Junção Tripla.

## Mineralogia

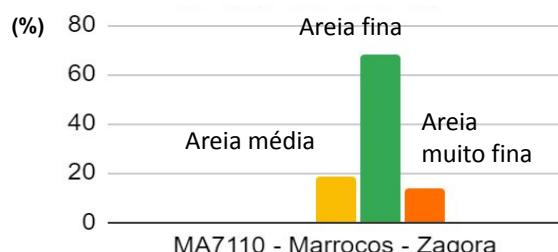
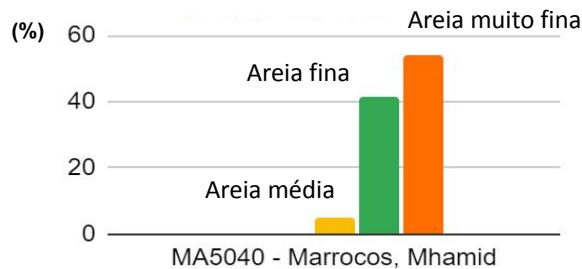
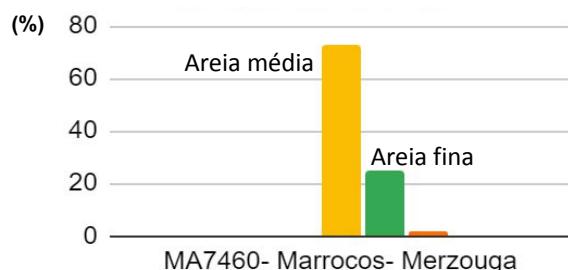
Quartzo, feldspato, carbonato de cálcio e mica.

## Granulometria

Merzouga: Areia média e bem selecionada.

Zagora: Areia fina e bem selecionada.

Mhamid: Areia muito fina a fina e moderadamente selecionada



## Referência

- Benalla, M., Alem, E., Rognon, P. et al., 2003, Les dunes du Tafilalet (Maroc): dynamique éolienne et ensablement des palmeraies. *Sciet changement planétaire/Sécheresse*, v.14, p. 73–83.  
 Joly, F., Margat, J., 1955, L'évolution récente du réseau hydrographique dans la plaine du Tafilalet (Sud-Est marocain). *Notes et Mém.*, v.123, p. 59–72.  
 Burkhard,M.,Carigt,S.,Helg,U.,Robert-Charrue,C.,Soulaimani,A., 2006,Tectonics of the Anti-Atlas of Morocco, *Comptes Rendus Geoscience*,v.338, p. 11-24.

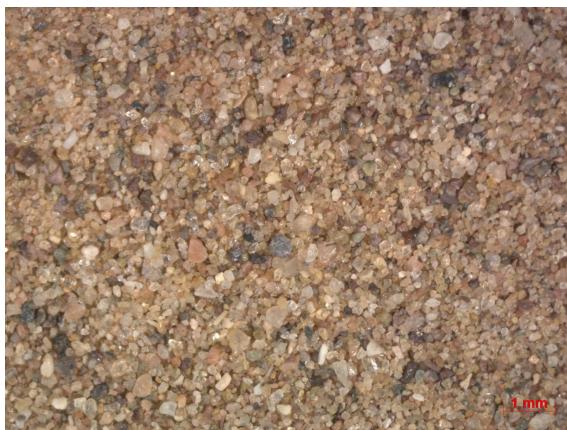
LUPA (aumento 8X)



LUPA (aumento 20X)

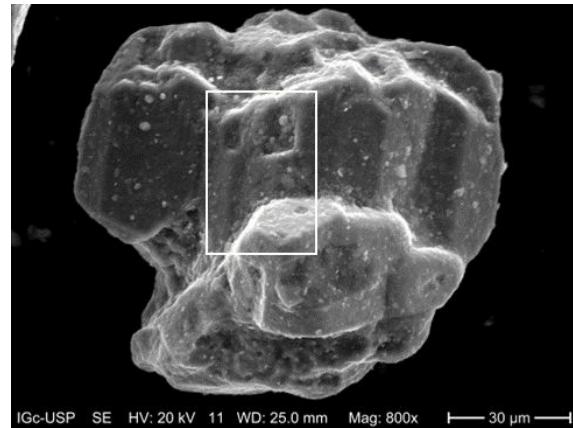


LUPA (aumento 8X)



MEV

Marcas de ação mecânica no Grão de Quartzo

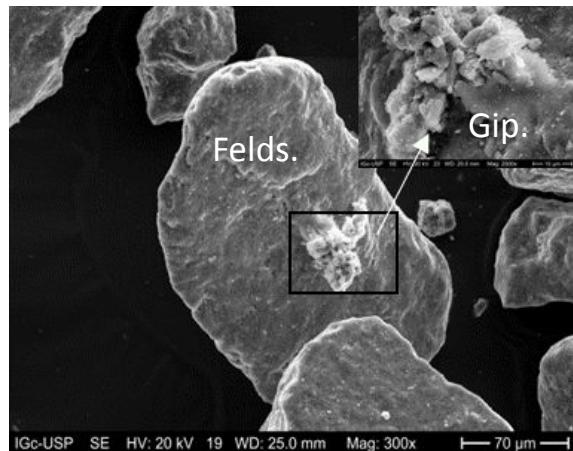


LUPA (aumento 20X)

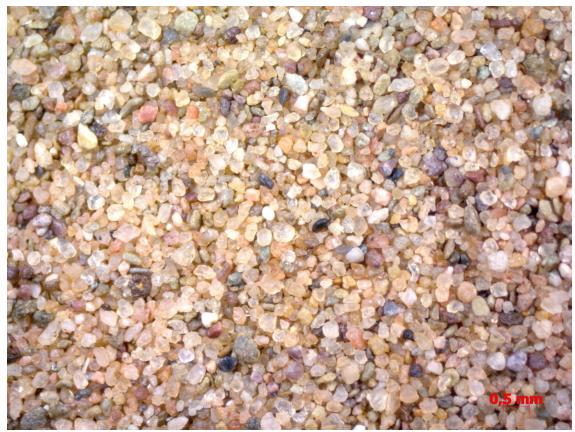


MEV

Grão de Feldspato com gipsita



LUPA (aumento 8X)



LUPA (aumento 20X)





Foto: Eliane Del Lama

## Aswan - EGITO



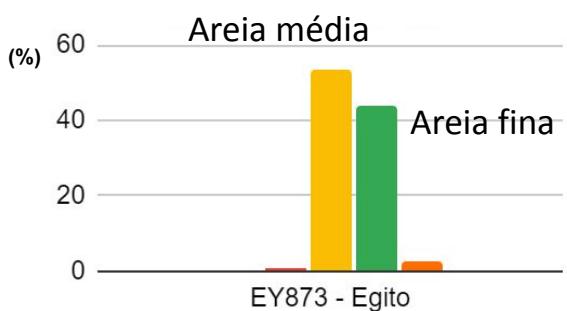
0,2 mm

## Localização

Entre Abu Simbel e Aswan (nubian plain) Sudeste do egito (western desert area), próximo ao deserto de Toshka.

## Granulometria

Areia média a fina e bem selecionada.



## Geologia

O deserto ocupa aproximadamente dois terços do seu território (Tsoar, 2005). Próximo ao deserto de Toshka, que tem sua possível proveniência do Arenito Núbio, região que faz parte do Arabian Nubian, uma região montanhosa de rochas Pré-Cambrianas, modificadas por processos fluviais.

## Mineralogia

Quartzo, feldspato e carbonato de cálcio.

## Tectônica

Encontro das placas Arábia com as placas Indiana, Africana e Euroasiática.

## Clima

Árido quente (BWh)

## Referência

Goudie, A., 2002, Great Warm Deserts of the World. Oxford: Oxford University Press, 444p.  
Refaat, A.A. , Hamdan, M.A., 2015, Mineralogy and grain morphology of the aeolian dune sand of Toshka area, southeastern Western Desert, Egypt,Aeolian Research, v.17, p. 243-254.

LUPA (aumento 8X)



LUPA (aumento 20X)





Foto: John's Love of Nature

## Rub Al-Khali– Emirados Árabes Unidos



## Localização

Um dos maiores desertos do mundo, localizado entre a Arábia Saudita, Omã, Emirados Árabes Unidos e Iêmen.

## Geologia

Aproximadamente 95% do território consiste em planícies e 5% de montanhas, as principais são Jabal Hafit, Jabal Malaqet e Jabal Mundassah. Jabal Hafit é uma estrutura anticlinal terciária, composta de carbonatos, argilas, de idades que variam entre Eoceno ao Mioceno (Howari, 2007). Já a região de Mundassah e Malaqet fazem parte das montanhas de Omã, que formam estruturas anticlinais de peridotitos serpentinizados, conglomerados e carbonatos do Cretáceo Superior com carbonatos do Paleoceno ao Eoceno Médio (Howari, 2007).

## Clima

Árido quente (BWh)

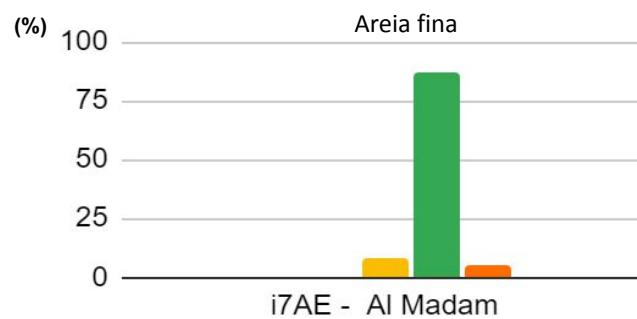
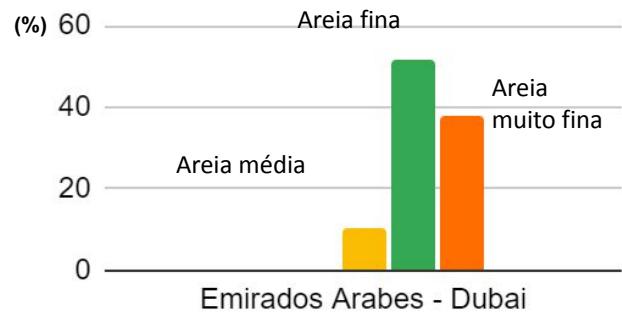
## Mineralogia

Quartzo, feldspato e carbonato de cálcio.

## Granulometria

Dubai: Areia fina a muito fina e moderadamente selecionada.

Al Madam: Areia fina e moderadamente selecionada.



## Tectônica

Localizado no Extremo nordeste da Placa Arábica, a qual permaneceu estável tectônicamente desde o Cambriano (Abdelghany, 2017).

## Referência

Howari, F.B., Baghdady, A.G., Goodell P.C., 2007, Mineralogical and geomorphological characterization of sand dunes in the eastern part of United Arab Emirates using orbital remote sensing integrated with field investigations.

LUPA (aumento 8X)



LUPA (aumento 20X)



LUPA (aumento 8X)



LUPA (aumento 20X)





Foto: Karol Nienartowicz

## Red Sand Dunes – Arabia Saudita



## Localização

localizado na região central da África Saudita próximo a cidade de Riad (região central do país).

## Geologia

Mais de 50% da região da África Saudita é ocupada por dunas que são divididas entre: An Nafud,

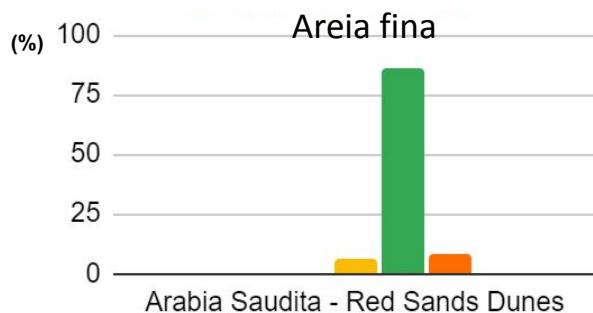
Dahna, Rub' Al-Khali e Jafurah. A região central da África Saudita proximo a cidade de Riad, a região desértica está delimitada por montanhas Jurássicas e rochas sedimentares do Permiano Superior ao Triássico.

## Clima

Tropical e Subtropical Desert Climate (Bwh)

## Granulometria

Areia fina e moderadamente selecionada.



## Mineralogia

Quartzo, feldspato e carbonato de cálcio.

## Tectônica

Encontra-se nas margens da placa Arábica, entre a Orogenia Alpina e o Escudo Árabe-Nubio, entre os Mar Morto e o Mar Mediterrâneo, em um cenário tectonicamente ativo, sua paisagem e geológica está diretamente ligada aos processos tectônicos que ocorrem na região.

## Referência

Benaafi, M., Abdullatif, O., 2014, Sedimentological, Mineralogical and Geochemical Characterization of Sand Dunes in Saudi Arabia.

# RED SAND DUNES – ARABIA SAUDITA

LUPA (aumento 8X)



LUPA (aumento 20X)





Foto: Simone Rodrigues e Ricardo Viana

## Negev – ISRAEL



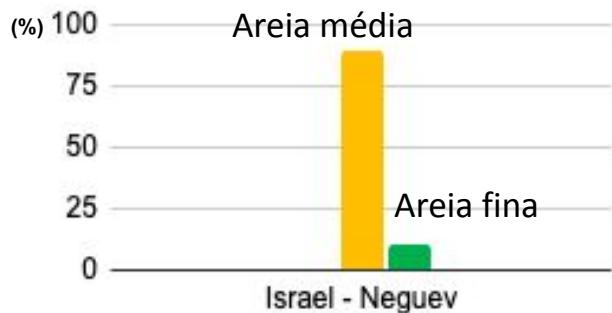
0,5 mm

## Localização

Localizado no Sul de Israel, ocupa aproximadamente 60% do seu território.

## Granulometria

Areia média e muito bem selecionada.



## Geologia

Durante o Triássico, a borda da placa Afro-Árabe passou por uma mudança no nível do mar e uma inclinação na placa, que resultou em diversas litologias, como areias, xistos, calcários, silex, conglomerados etc, além disso, ocorreu também no mesmo período, soerguimento e atividade magmática durante o Cretáceo inferior (Garfunkel 1989; Gvirtzman et al. 1998). No Turoniano ocorreu a primeira convergência com a placa Eurásia, dando origem ao cinturão de dobras Arco da Síria (Krenkel 1924; Lewy 1989). No Oligoceno, ocorreu o soerguimento no nordeste da África mudando as condições morfológicas regionais, bem como a geração da plataforma carbonática (Ben-David, 1993 e Avni, 2001).

## Mineralogia

Quartzo, feldspato e carbonato de cálcio.

## Tectônica

Encontra-se nas margens da placa Árabe, entre a Orogenia Alpina e o Escudo Árabe-Nubio, entre os Mar Morto e o Mar Mediterrâneo, em um cenário tectonicamente ativo, sua paisagem e geológica está diretamente ligada aos processos tectônicos que ocorrem na região.

## Clima

Árido quente (BWh)

## Referência

Garfunkel Z., Derin, B., 1984, Permian-early Mesozoic tectonism and continental margin formation in Israel and its implications for the history of the Eastern Mediterranean. Geol Soc Lond, Spec Publ 17, p. 187–201.  
Krenkel E., 1924, Die Bruchzonen Ostafrikas. Geol Rundsch, v.14, p.209–232.

Ben-David R., 1993, Stages in the evolution of landscape in the Makhtesh Ramon and Nahal Neqarot areas. Isr J Earth Sci, v. 42, p. 189–195.

LUPA (aumento 8X)



LUPA (aumento 20X)





Foto: <https://www.shazdeh-travel.com/iran-travel-guide/iran-destinations/yazd>

## Yazd – IRĀ

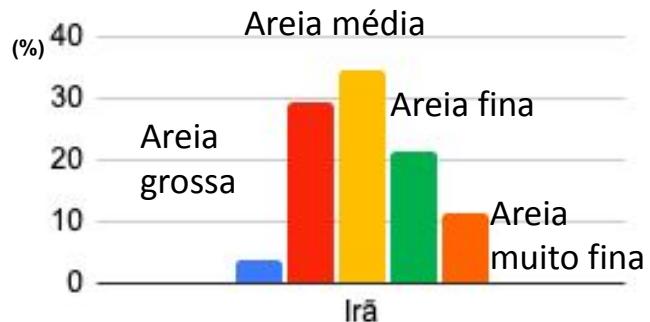


## Localização

Deserto próximo a cidade de Yazd, distrito Central do Irã.

## Granulometria

Areia fina a grossa e pobemente selecionada.



## Geologia

Embassamento Pré-Cambriano de rochas como xisto, gnaisse, anfibolito, quartzito e mármore, arenito quartzítico e filito (Haghipour, 1977), é cercado por cinturões que fazem parte do Sistema Orogênico Alpino-Himalaio da Ásia Ocidental (Ramazani e Tucker, 2003).

## Mineralogia

Quartzo, feldspato, carbonato de cálcio, argilominerais e mica.

## Tectônica

Encontra-se nas margens da placa Arábica, entre a Orogenia Alpina e o Escudo Árabe-Nubio, entre os Mar Morto e o Mar Mediterrâneo, em um cenário tectonicamente ativo, sua paisagem e geológica está diretamente ligada aos processos tectônicos que ocorrem na região.

## Clima

Árido quente (BWh)

## Referência

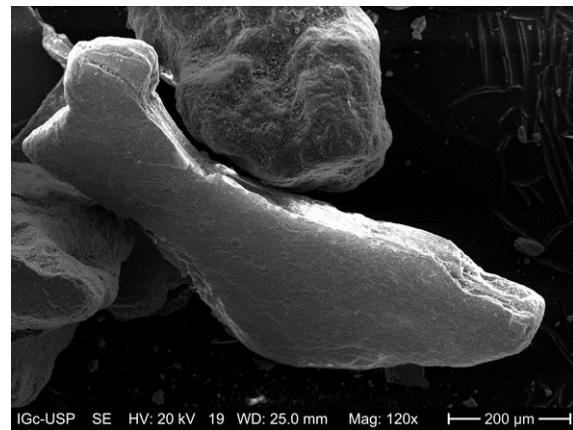
Haghipour, A., 1977. Geological map of the Biabanak-Bafq area (scale 1:500,000). Geological Survey of Iran. Ramazani, J. and Tucker, R.D., 2003. The Saghand region Central Iran: U-Pb geochronology, petrogenesis and implications for Gondwana Tectonics, American Journal of Science, v. 6, p. 622-665.

LUPA (aumento 8X)



MEV

Grão de Mica



LUPA (aumento 20X)



MEV

Grão de Calcita

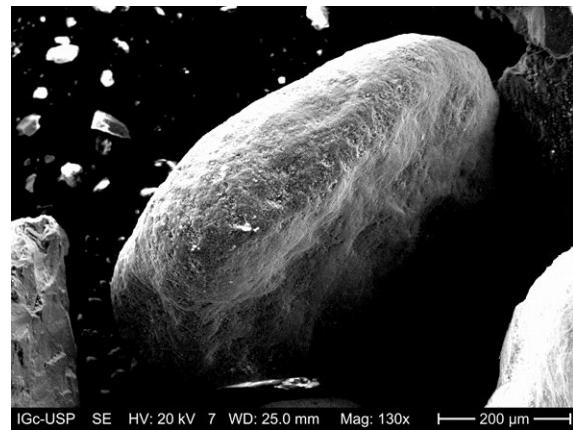




Foto: Christine Laure Marie Bourotte

# AREIAS EÓLICAS

**Clima tropical**

*Isabela de Souza Lima  
Christine Laure Marie Bourotte*



Foto: Christine Laure Marie Bourotte

## LENÇÓIS MARANHENSES - BRASIL



## Localização

Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses fica localizado no município de Barreirinhas, em Maranhão, distante 250 km da capital, São Luís.

## Geologia

A região costeira do Estado do Maranhão apresenta o maior registo de sedimentação eólica do Quaternário da América do Sul, denominado Lençóis Maranhenses (Gonçalves et al. 2008). O Estado do Maranhão possui bacias sedimentares de idade Paleozoica, Mesozoica e Cenozoica e uma pequena parcela é composta por um embasamento cristalino do Pré-Cambriano, já a deposição do Holoceno é representada pelos depósitos costeiros marinhos e eólicos (Gonçalves et al. 2008).

## Tectônica

Inativa – Placa Sul-Americana

## Clima

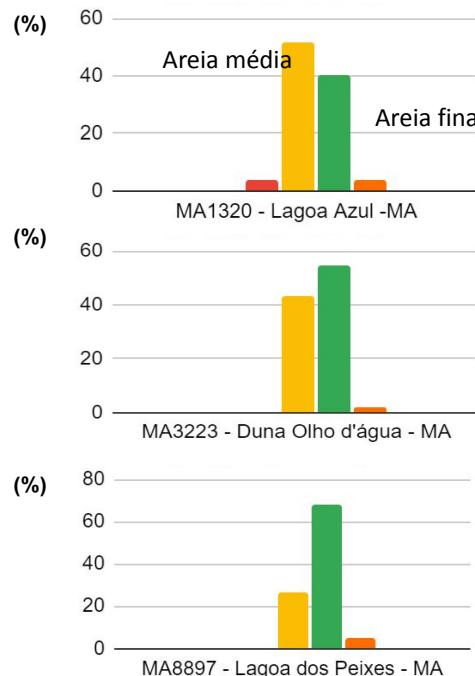
Tropical chuvoso (Aw)

## Granulometria

Lagoa Azul: Areia média a areia fina e moderadamente selecionada;

Duna Olho d’água: Areia fina a média e bem selecionada;

Lagoa dos Peixes: Areia fina e moderadamente selecionada.



## Mineralogia

Lagoa Azul: Quartzo, feldspato, carbonato de cálcio e óxido de ferro;

Duna Olho d’água: Quartzo, feldspato, carbonato de cálcio e óxido de ferro;

Lagoa dos Peixes: Quartzo, feldspato, carbonato de cálcio e óxido de ferro.

## Referência

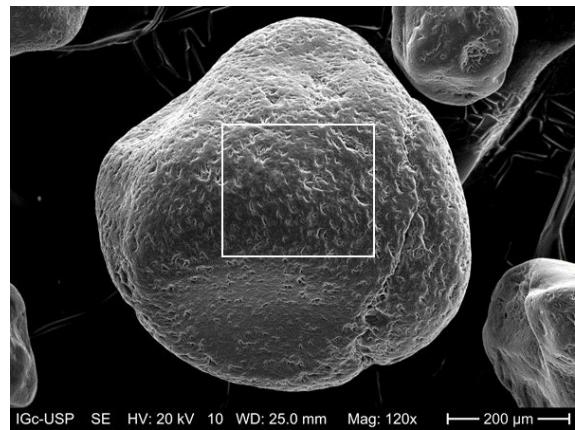
Gonçalves, R. A., et al., 2008, Classification of aeolian features of Maranhão state sandsheets, Brazil, v. 2, n. 3. ISSN 1984-2201.

LUPA (aumento 8X)



MEV

Marcas de ação mecânica no grão de Quartzo.

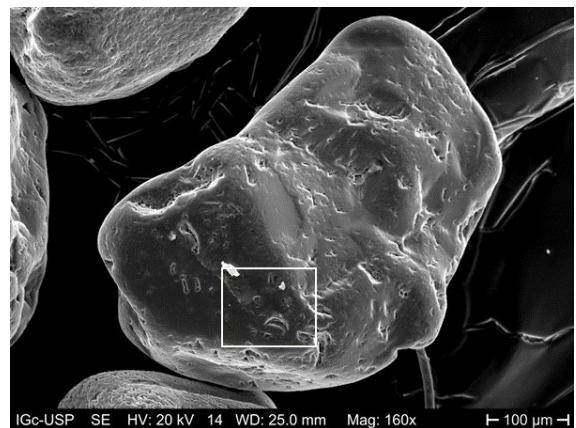


LUPA (aumento 20X)



MEV

Marcas de ação mecânica no grão de Quartzo.



LUPA (aumento 8X)



LUPA (aumento 20X)



LUPA (aumento 8X)



LUPA (aumento 20X)





Foto: Sylvia Leite

## Mangue Seco - BAHIA



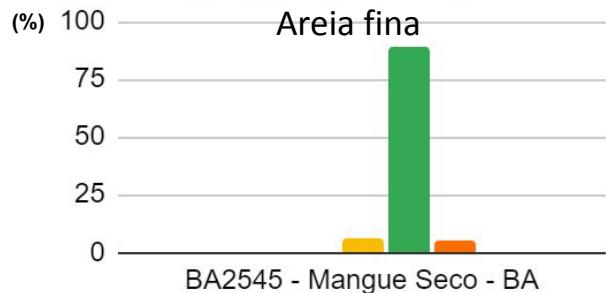
0,2 mm

## Localização

Localizada na pequena Jandaíra, Litoral Norte da Bahia, na "Costa dos Coqueiros",

## Granulometria

Areia fina e muito bem selecionada.



## Geologia

No litoral do Estado da Bahia está localizada a Área de Proteção Ambiental de Mangue Seco a qual foi delimitada na planície quaternária de progradação que é associada à foz do Rio Real (Lima et al., 2008). O contexto geológico do Quaternário nesta região é composto por terrenos holocênicos, depósitos lagunares, mangues e eólicos

## Mineralogia

Quartzo e feldspato.

## Tectônica

Inativa – Placa Sul-Americana

## Clima

Tropical chuvoso (Aw)

## Referência

Lima, I. S., et al., 2008, "A morfodinâmica na margem direita do rio real, Mangue Seco, litoral norte da Bahia.

LUPA (aumento 8X)



LUPA (aumento 20X)





Foto: Christine Laure Marie Bourotte

## RIO GRANDE DO NORTE



## Localização

Morro do Careca: Localizada na Praia Ponta Negra, em Natal, Capital do Estado do Rio Grande do Norte.

Lagoa do Boqueirão: Localizada no município de Touros.

## Geologia

A região está inserida em um contexto geológico onde o sistema de falhas Afonso Bezerra (NW-SE) e Carnaubais (NE-SW) é a principal estrutura que controla a sedimentação da Bacia Potiguar e Pernambuco-Paraíba (Souto, 2009), que possui estratigrafia da base para o topo da Formação Tibau, Formação Barreiras e Formação Potengi no Quaternário (Souto, 2009).

## Tectônica

Inativa – Placa Sul-Americana

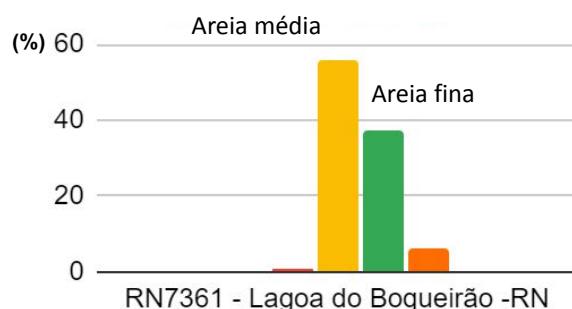
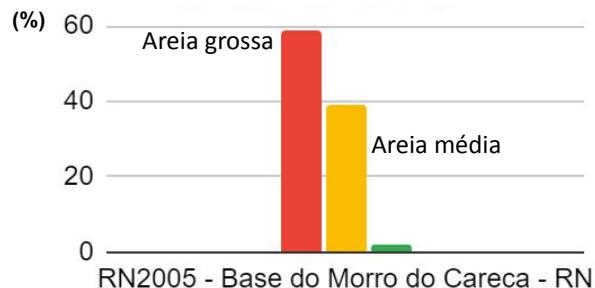
## Clima

Semi-árido (BSh)

## Granulometria

Morro do careca: Areia grossa e a média moderadamente selecionada.

Lagoa do Boqueirão: Areia média a fina e moderadamente selecionada.



## Mineralogia

Quartzo e feldspato.

## Referência

Souto, M.V.S., 2009. Análise da evolução costeira do litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, região sob influência da indústria petrolífera. Tese de Doutorado (Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica – PPGG), UFRN. Natal, RN, p. 7-18. Tapia, J., González, R., Townley, B., Oliveros, V.

LUPA (aumento 8X)



LUPA (aumento 20X)



LUPA (aumento 8X)



LUPA (aumento 20X)





Foto: Divulgação/Washington Luiz

## Jalapão - TOCANTINS



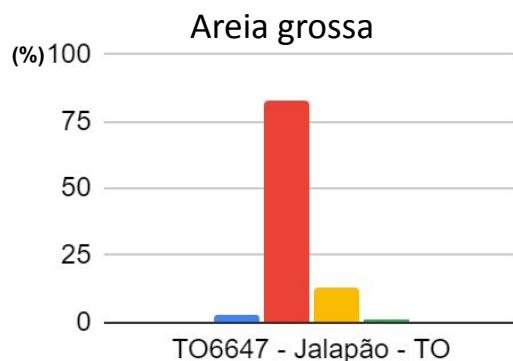
**0,2 mm**

## Localização

Localizada na região leste do estado do Tocantins, no parque estadual do Jalapão.

## Granulometria

Areia grossa e bem selecionada.



## Geologia

O Jalapão é localizado no Estado de Tocantins, que possui um embasamento cristalino e bacias sedimentares. A região é formada principalmente por rochas sedimentares da era mesozóica da Bacia São Francisco (Sgarbi, 1991) a qual possui um dos grupos formado por arenitos eólicos (Formação Areado), sendo assim essa amostra pode ser um retrabalhamento das areias eólicas da era mesozóica.

## Mineralogia

Quartzo e feldspato.

## Tectônica

Inativa – Placa Sul-Americana

## Clima

Tropical chuvoso (Aw)

## Referência

- Barbosa, D.G., 2019, A região do Jalapão e seu Patrimônio Geomorfológico." Khória: Revista Transdisciplinar, v. 5. 6p.  
 Sgarbi, G.N., 1991, Arenitos eólicos da Formação Areado (Bacia Cretácea do São Francisco): caracterização, diagênese e aspectos químicos. Brazilian Journal of Geology, 21, 342-354.

LUPA (aumento 8X)



LUPA (aumento 20X)





Foto: Patricia Junia Viana

## Jericoacoara - CEARÁ



0,2 mm

## Localização

Estão situadas na planície costeira de Jericoacoara, localizada na costa oeste do estado do Ceará, inserida na Unidade de Conservação de Proteção Integral - Parque Nacional de Jericoacoara (Parma Jericoacoara).

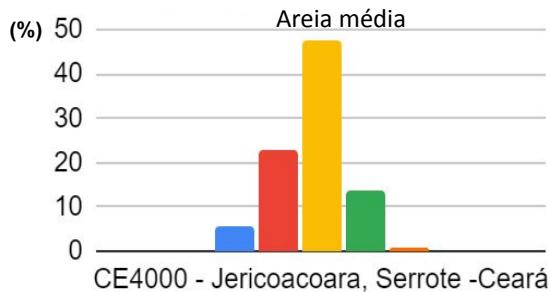
## Geologia

As rochas mais antigas da região é de idade Paleoproterozóico (Ribeiro et. al., 2010), seguido para o Cenozóico (Formação Barreiras) e pelos depósitos Quaternários (formado por dunas, paleodunas, mangue, sedimentos fluviais-aluvionares).

## Granulometria

Serrote: Areia média e bem selecionada;

Duna Pôr do Sol: Areia grossa a média e moderadamente selecionada.



## Mineralogia

Duna Serrote: Quartzo e feldspato;

Duna Pôr do Sol: Quartzo e feldspato.

## Tectônica

Inativa – Placa Sul-Americana

## Clima

Tropical chuvoso (Aw)

## Referência

Gonçalves, R. A., et al., 2008, Classification of aeolian features of Maranhão state sandsheets, Brazil, v. 2, n. 3. ISSN 1984-2201.

Ribeiro, J., Cavalcante, I., Silva, J., Gomes, M., Araújo, K., 2010, Aspectos hidrogeológicos da faixa costeira leste da região metropolitana de Fortaleza, Ceará, Revista Águas Subterrâneas.

LUPA (aumento 8X)



LUPA (aumento 20X)



LUPA (aumento 8X)



LUPA (aumento 20X)





© Ricardo Junior - GuiaViagensBrasil.com

## Foz Rio São Francisco - ALAGOAS



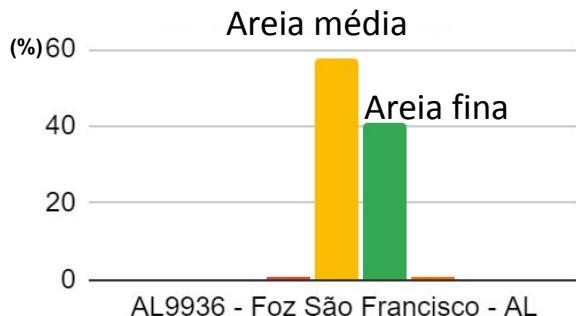
0,5 mm

## Localização

Localizado na porção Sul do Estado de Alagoas no município de Piaçabuçu.

## Granulometria

Areia média a fina e bem selecionada.



## Geologia

A Duna São Francisco que está inserida na unidade morfoestrutural da sub-bacia sedimentar Sergipe-Alagoas, onde os sedimentos são transportados pelo Rio São Francisco até o litoral, sendo assim, fontes para os depósitos eólicos, esta Bacia registra uma sucessão geológica bem completa com sedimentação paleozóica, jurássica a eocretáctica pré-rifte, sucessões meso-cenozóicas sinrifte e pós-rifte (Santos, 2021).

## Mineralogia

Quartzo e feldspato.

## Tectônica

Inativa – Placa Sul-Americana

## Clima

Tropical chuvoso (Aw)

## Referência

Santos, J.F., 2021, Estudo Sedimentológico dos Depósitos Eólicos Inativos do Campo de Dunas do Baixo São Francisco em Alagoas - Universidade Federal de Alagoas - Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Bacharelado em Geografia do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal de Alagoas como requisito à obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

LUPA (aumento 8X)



LUPA (aumento 20X)

