

**HALITAS DAS SALINAS DE CABO FRIO:
RECONHECIMENTO DAS MORFOLOGIAS
COMO SUBSÍDIO PARA O ENTENDIMENTO
DE HALITAS PRETÉRITAS**

**THE HALITES OF CABO FRIO SALINAS: AN IDENTIFICATION
OF THE CRYSTAL MORPHOLOGIES
AS A CONTRIBUTION TO THE UNDERSTANDING
OF THE ANCIENT HALITES**

**LAS HALITAS DE LAS SALINAS DE CABO FRIO:
RECONOCIMIENTO DE LAS MORFOLOGÍAS
COMO SUBSIDIO PARA LA COMPRENSIÓN
DE HALITAS PRETÉRITAS**

Maria Augusta Martins da Silva¹
Carla Luiza dos Santos¹

RESUMO

Apresentam-se, aqui, exemplos de cristais de halitas com morfologias variadas, observados nas salinas da região de Cabo Frio - RJ. Discute-se, também, a distribuição diferenciada desses cristais dentro dos tanques das salinas, buscando-se contribuir para o entendimento dos processos que levam a suas formações. As observações aqui apresentadas corroboram o modelo proposto por Handford (1990), segundo o qual os variados tipos morfológicos se distribuem de acordo com o nível de energia do vento. Os cristais *hopper* se concentram em áreas de mais baixa energia, enquanto os do tipo *chevron* se acumulam em regiões mais agitadas da bacia. Espera-se contribuir para o avanço dos conhecimentos dos vários modos possíveis de formação das diferentes morfologias observadas em depósitos evaporíticos antigos, bem como suas implicações paleoambientais.

(Originais recebidos em 19.03.96.)

ABSTRACT

Halite crystals with varied morphologies observed on salinas of the Araruama Lagoon (Cabo Frio region - Rio de Janeiro State) are presented herein. The distribution of such crystals within the individual tanks is also discussed, aiming at the understanding of the processes that lead to their formations. Our observations confirm a model proposed by Handford (1990). According to such model, the distribution of different crystal morphologies is controlled by the wind energy. Thus, hopper crystals concentrate on lower-energy areas, while chevrons are preferentially found in agitated waters. With this study, we hope to help to improve the knowledge on the formation of the different crystal morphologies of ancient evaporite deposits and their environmental implications as well.

(Expanded abstract available at the end of the paper.)

RESUMEN

Se presentan aquí ejemplos de cristales de halitas con morfologías variadas, observados en la salina del área de Cabo Frio - RJ. Se discute, también, la distribución diferenciada de esos cristales dentro de los tanques de las salinas, tratando de colaborar para la comprensión de los procesos que llevan a sus formaciones. Nuestras observaciones corroboran el modelo propuesto por Handford (1990), según el cual los tipos morfológicos variados se distribuyen de acuerdo con el nivel de

¹ Universidade Federal Fluminense (UFF), Instituto de Geologia, Departamento de Geologia. Av. Litorânea s/n, 4º A Gragoatá, Niterói, RJ, Brasil - CEP: 24210-340.

energía del viento. Los cristales hopper se concentran en áreas de energía más baja, mientras los cristales chevron se acumulan en regiones más agitadas de la cuenca. Se espera colaborar para el progreso del conocimiento acerca de los varios modos posibles de formación de las distintas morfologías observadas en depósitos de evaporita antiguos, además de sus implicaciones paleoambientales.

1. INTRODUÇÃO

Depósitos evaporíticos são abundantes e, em certos períodos geológicos, atingem espessuras expressivas, bem como apresentam importância científica e econômica. São excelentes indicadores paleoclimáticos e marcadores estratigráficos. Na margem continental leste brasileira, ocorre imenso depósito evaporítico de idade aptiana, que pode atingir, localmente, espessuras de 2 km a 2,5 km originais, chegando a atingir de 4 km a 6 km depois de deformado. Durante a história de soterramento das camadas, os evaporitos são alterados facilmente devido aos processos diagenéticos e, portanto, nem sempre se consegue identificar as fácies deposicionais dentre as diagenéticas. Desta forma, torna-se de extrema importância reconhecer as várias morfologias desses minerais, suas maneiras de formação e associações, para melhor compreensão do registro geológico.

Com essa proposta, apresentam-se alguns exemplos de morfologias observadas nas halitas das salinas de Cabo Frio. Discute-se seu modo de ocorrência e distribuição e suas causas, e procura-se, com este reconhecimento, identificar morfologias semelhantes às encontradas em halitas pretéritas, bem como contribuir para a compreensão de seus processos de formação.

As halitas (NaCl) são minerais evaporíticos importantes, pois são usados para o consumo humano. Evaporitos são sedimentos formados pela evaporação das águas, tanto marinhas quanto lacustres, em clima árido ou semi-árido, locais onde a evaporação excede a precipitação. Hoje essa ocorrência se dá entre as latitudes 15° e 45° norte e sul, nas zonas de sotavento das montanhas e nos desertos.

Os evaporitos são explorados economicamente tanto na forma de sulfatos (gipsita), usados pela indústria hospitalar; na forma de cloretos (halita), e outros sais complexos como os de potássio e magnésio, usados pela indústria de fertilizantes.

Na área estudada (fig. 1), registra-se um microclima semi-árido, onde as taxas de evaporação são elevadas quando comparadas com os índices pluviométricos (893,7 mm) medidos na região de Cabo Frio (Barbieri, 1975). A Lagoa de Araruama, situada à retaguarda da restinga da Maçambaba, apresenta águas de salinidade elevada (em torno de 60 ‰) e intensa formação de organismos que segregam conchas de carbonato de cálcio (extraídos economicamente). Essas características combinadas propiciam a extração de sal em salinas, uma das fontes econômicas da região (foto 1).

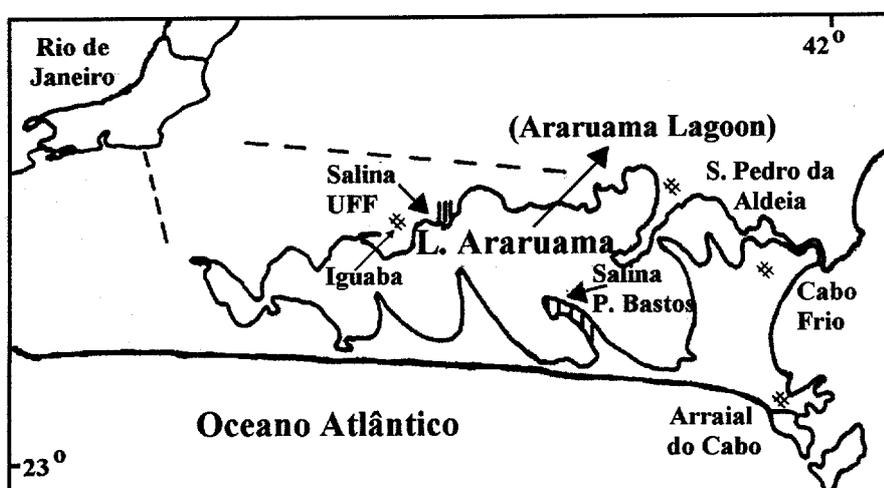


Fig. 1 - Localização das salinas estudadas na região da Lagoa de Araruama, Cabo Frio - RJ.

Fig. 1 - Location of the study area, the salinas of Araruama Lagoon, Cabo Frio region - Rio de Janeiro state.



Foto 1 - Visão panorâmica das salinas da UFF, região próxima a Iguaba, margem norte da Lagoa de Araruama (vista ao fundo na foto). São mostrados, também, os vários tanques usados para o processamento da salmoura até o ponto de cristalização do sal.

Photo 1 - View of the UFF's salinas in the vicinity of Iguaba, northern margin of the Araruama Lagoon (seen in the background). Also shown, the different tanks used for brine processing to the point of salt crystallization.

2. APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Salina é um corpo de água salgada artificial ou não, em que há precipitação de cloreto de sódio (ou sal de cozinha) com a evaporação das águas. O processo de extração do sal consiste em elevar a densidade da água pela evaporação até obter o ponto de precipitação (em torno de 340 ‰). Para isto, a água puxada da Lagoa de Araruama (através de bombas) é lançada em uma série de tanques (foto 1). No primeiro tanque, chamado de tanque de carga, decanta-se a matéria orgânica (foto 2). A seguir, nos pré-concentradores e concentradores, ocorre a deposição do carbonato de cálcio e sulfato de cálcio, respectivamente. Por último, nos cristalizadores, a salmoura - já com 340 ‰ - precipita o cloreto de sódio (foto 3).

A precipitação da halita se dá na forma de vários tipos de cristais, todos do sistema cúbico. Essa precipitação ocorre na interface ar-salmoura, porém crescimento de cristais no fundo também ocorrem. Durante os trabalhos de campo, observaram-se as morfologias do tipo *hopper*, *chevron*, cubos perfeitos e dentes; outras formas menos comuns foram as dendríticas e o *mortarboard* (almofariz).

Os cristais de halita *hopper* (foto 4) caracterizam-se por cubos com depressão central em uma das faces. Formam-se na interface ar-salmoura e se mantêm boiando devido à tensão superficial (fig. 2). À medida que se desenvolvem, o peso faz com que decantem, depositando-se no fundo da salina. Em geral, as condições ideais para a formação, e principalmente para o crescimento desses cristais, ocorrem em águas tranqüilas, sem influência ou com influência menor do vento. Esta distribuição dos cristais de *hopper* na região de mais baixa dinâmica de vento foi observada, também, por Handford (1990) (fig. 3).



Foto 2 - Deposição de matéria orgânica nos tanques de carga - série de tanques por onde passam as salmouras a caminho dos tanques cristalizadores.

Photo 2 - Deposition of organic matter in the first tanks that receive the salty lagoon waters on their way to the tanks where salt crystallization takes place.



Foto 3 - Cristalizadores onde a halita se forma e é recolhida diariamente para uso comercial (pilhas de sal que aparecem na foto).

Photo 3 - Tanks where halite crystallizes and is daily collected for commercial use.

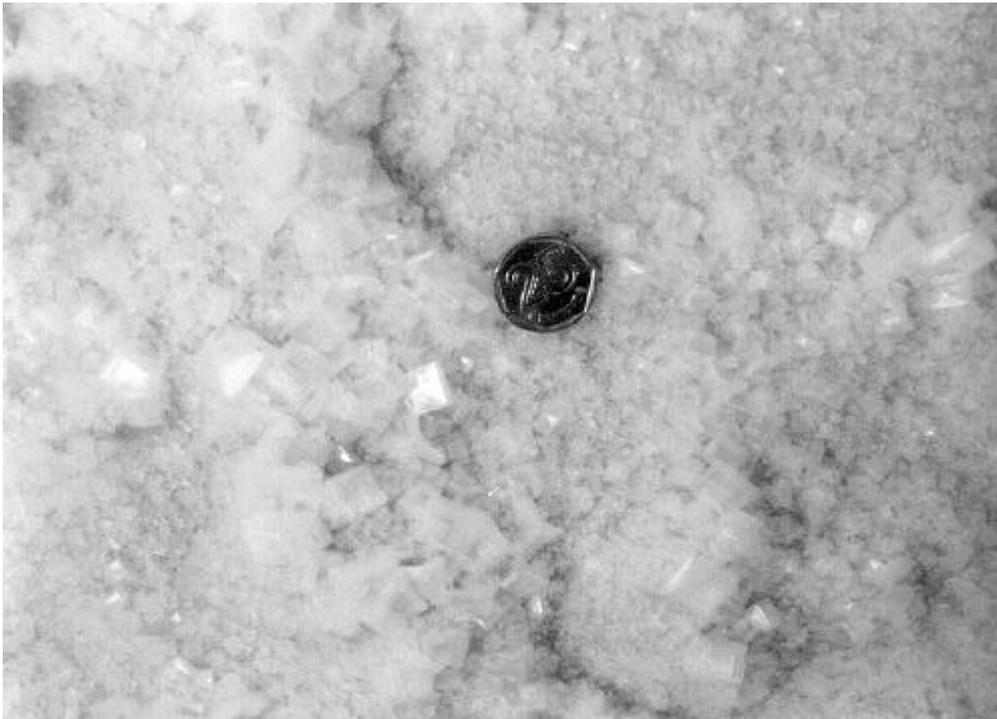


Foto 4 - Exemplo de morfologia *hopper* (insert mostra detalhe do cristal).
Photo 4 - Example of *hopper* morphology (insert shows details of crystal morphology).

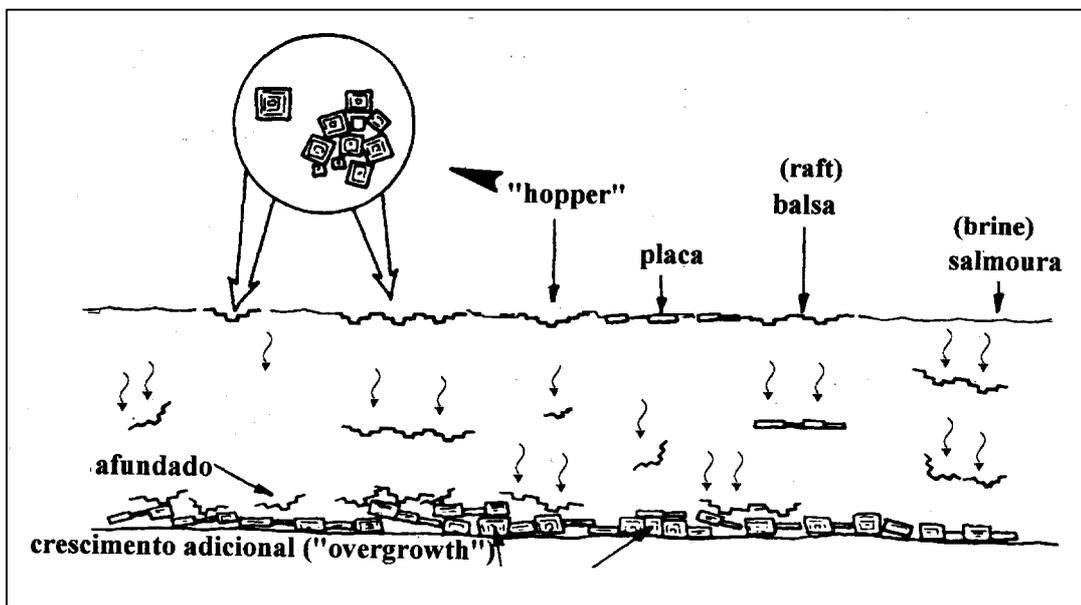


Fig. 2 - Esquema representando o modo de formação dos cristais *hoppers* (bem como outras formas de halita). Modificado de Handford (1991).
Fig. 2 - Scheme representing formation of *hopper* crystals, as well as other halite morphologies. Modified from Handford (1991).

A halita *chevron*, também uma forma de deposição subaquosa de halita, apresenta um arranjo típico em que um lado do cristal cresce preferencialmente em uma direção, dando origem a camadas de cantos de cristais ou faces superpostas (foto 5). Tal crescimento se dá no fundo da salina sobre qualquer cristal aí presente (sobrecrescimento), quando as condições ideais de precipitação se mantêm por um longo período de tempo e os cristais em grande abundância disputam espaço para seu crescimento (fig. 4) (Handford, 1991). Nas salinas visitadas, observou-se que,

devido à agitação da água pela ação do vento, os cristais *hopper* afundam e, no fundo, pela saturação, novas faces ou vértices são formados sobre os cristais originais (sobrecrescimento), que devido à competição por espaço geram *chevrons*.

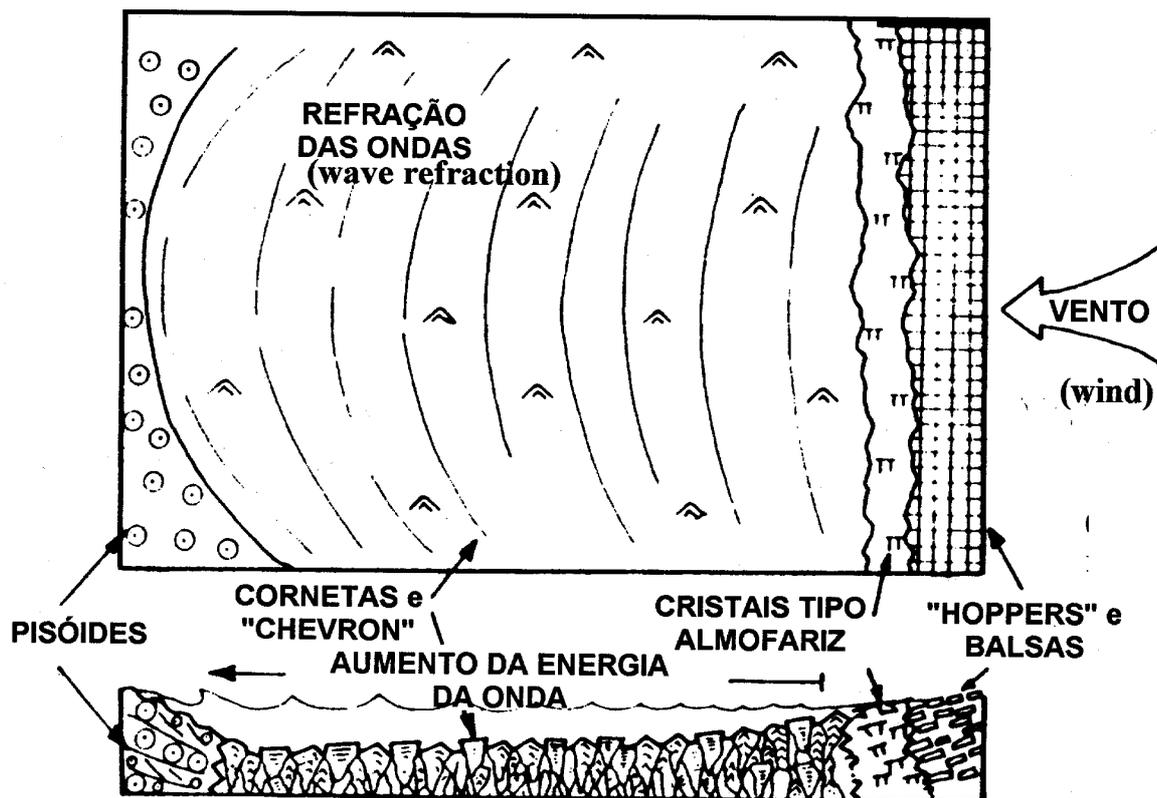


Fig. 3 - Modelo esquemático de Handford (1990) ilustrando a distribuição das fácies de halita e suas relações com a profundidade da água e energia da onda (pela ação do vento).

Fig. 3 - Model proposed by Handford (1990) to illustrate the distribution of halite facies in relation to water depth and wave energy derived from wind action.

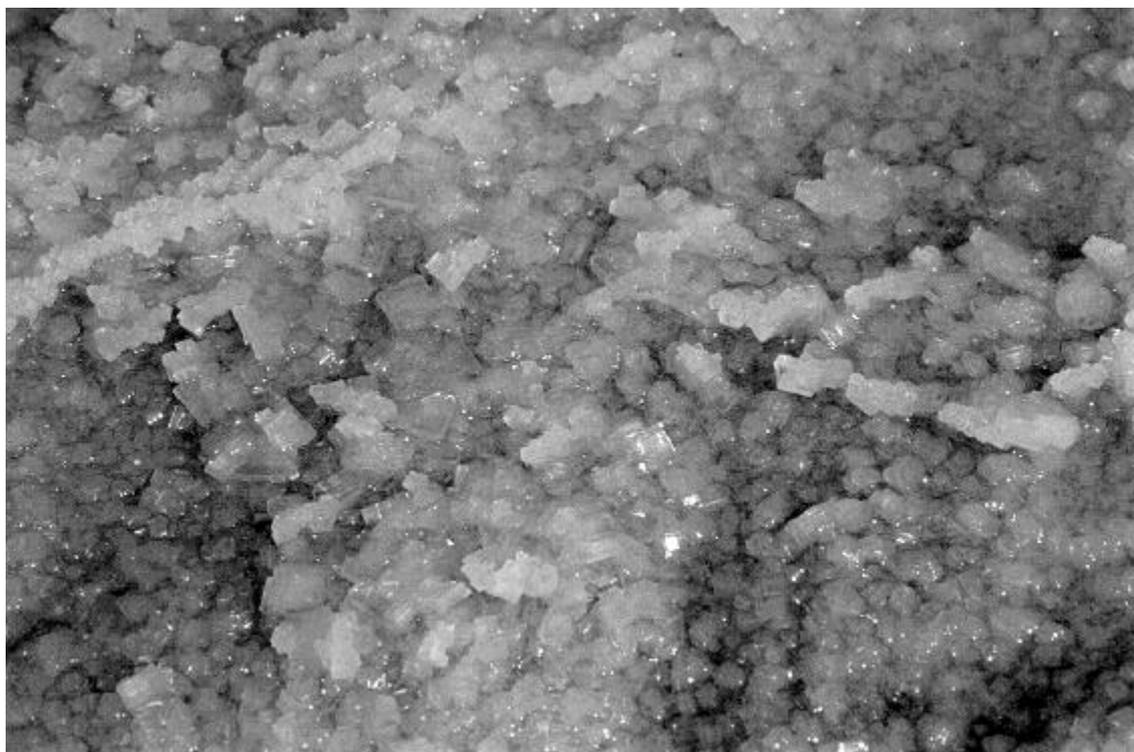


Foto 5 - Exemplo de morfologia *chevron*.

Photo 5 - Example of *chevron* morphology.

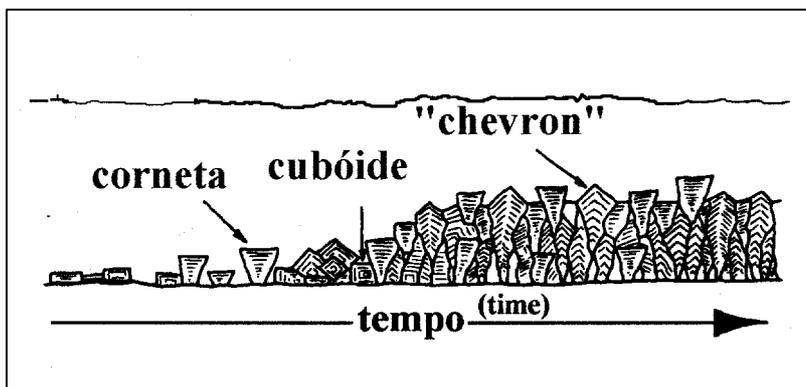


Fig. 4 - Esquema representando o modo de formação dos cristais *chevron* (e outras formas de halita também) Modificado de Handford, (1991).

Fig. 4 - Scheme representing formation of chevron crystals, as well as other morphologies. Modified from Handford, (1991).

Os cubos de halita (foto 6), muito abundantes nas salinas, formam-se na superfície (interface ar-salmoura) e são depositados no fundo, em locais com espaço e sem competição entre eles. Handford (1990) descreve a formação de cubos, também no fundo das salinas, como crescimento e cimentação de cristais anteriormente formados, gerando camadas mais compactas no que eram, anteriormente, aglomerados de cristais soltos.

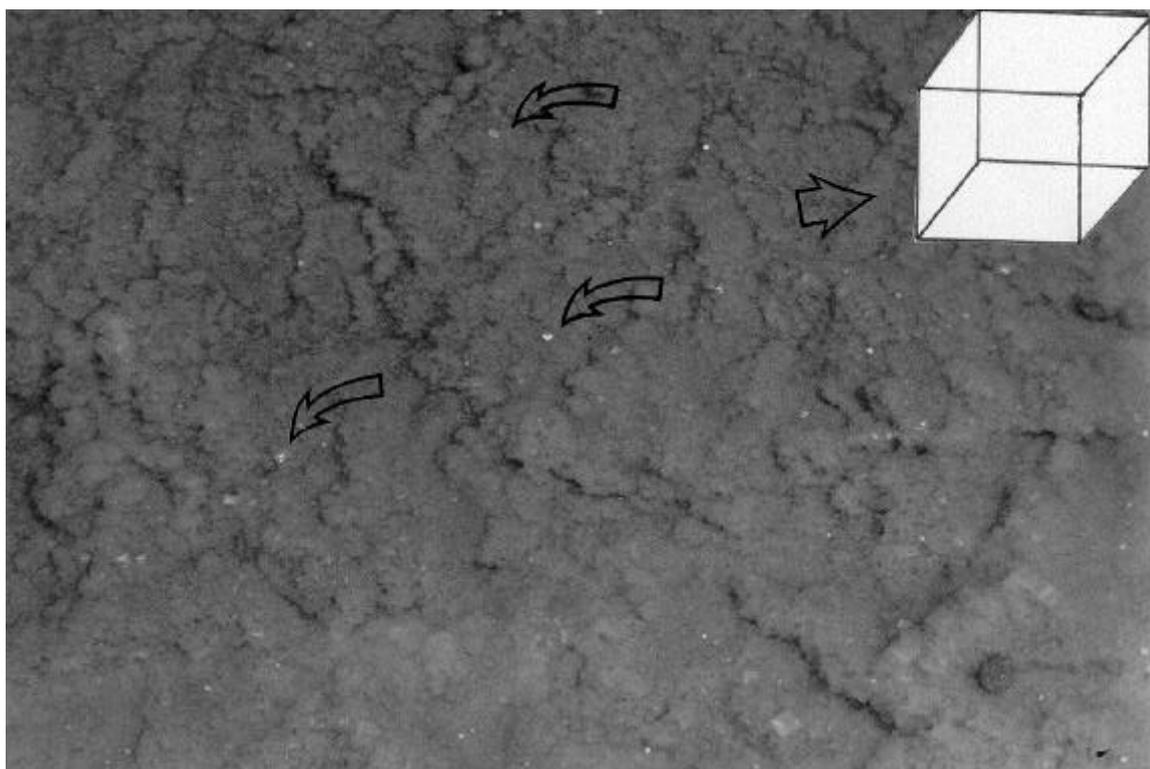


Foto 6 - Exemplo de cubos de halita - a forma mais comum e abundante de halita nas salinas.

Photo 6 - Example of halite cubes, the most abundant halite morphology in the salinas studied.

De modo semelhante, os dentes de halita formam um conjunto de cristais cimentados como uma crosta no fundo da salina (foto 7). Em experiência de laboratório, Arthurton (1973) observou a formação de dentes de halita (*tooth-like*) como crescimento em torno dos cristais *hopper* afundados em torno de uma semana depois de formados na superfície. Nas salinas, esse crescimento se dá num prazo muito menor, pois caso contrário não seriam encontrados devido à colheita de sal que se dá diariamente.

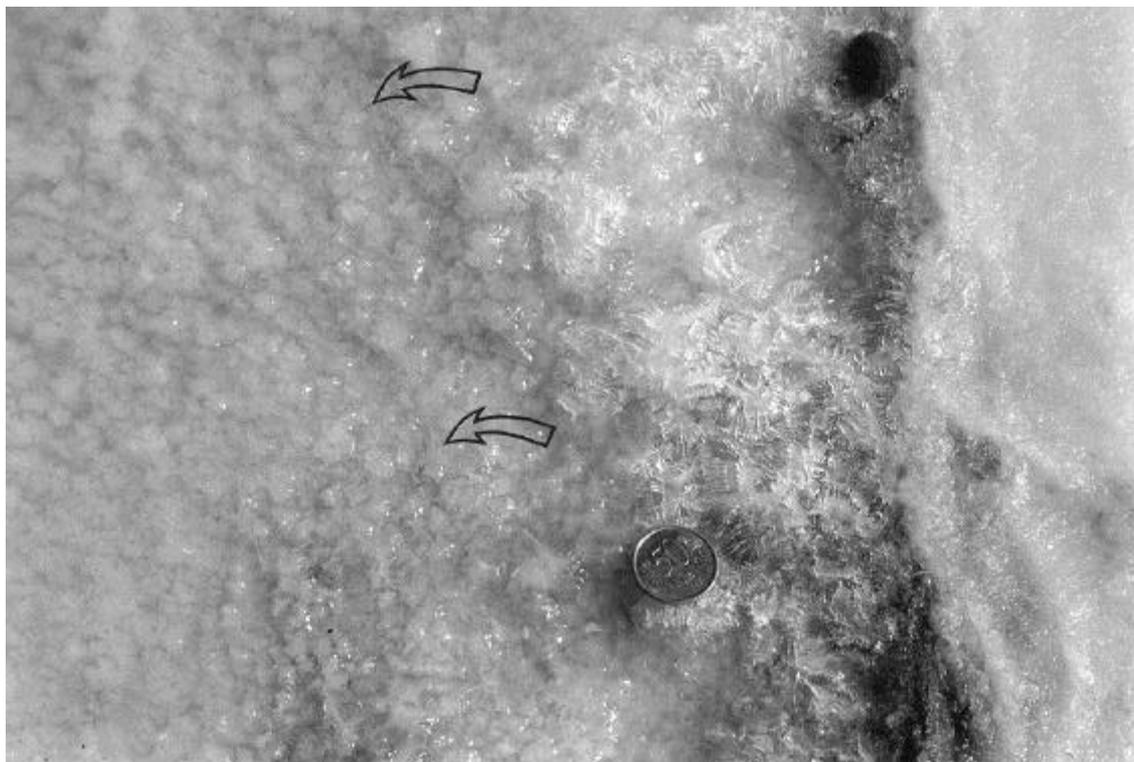


Foto 7 - Exemplo de crostas de halita tipo dente encontradas no fundo das salinas.
Photo 7 - Example of crusts with “tooth” like halite found on the bottom of the tanks.

Em menor quantidade, observou-se também outras morfologias, como formas dendríticas (atribuídas à fase de supersaturação - Handford, 1991) e formas conhecidas como *mortarboard* que lembram pranchas de borda de tanque ou um almofariz.

3. DISCUSSÃO DOS DADOS

As salinas de Cabo Frio são pequenas bacias rasas, de alguns centímetros de profundidade de lâmina d’água. O vento, forte e razoavelmente constante na região, exerce influência sobre a salmoura e sobre os cristais precipitados na salina. As rajadas de vento carregam os cristais de forma isolada ou em placas de pequenos cristais que são transportados ao longo da superfície como “balsas” ou “pranchas”, e se acumulam contra as bordas dos tanques. Parte desses cristais, ao serem perturbados pelo vento, podem também se decantar, formando camadas de precipitados. Essas camadas tendem a ser mais espessas e preencherem o tanque mais rapidamente nas bordas a sotavento (para onde os cristais são preferencialmente empilhados).

As morfologias desses cristais se distribuem de acordo com a dinâmica do vento (fig. 3). Em geral, os cristais *hopper* se formam em áreas sem muita influência do vento. Com o vento, esses cristais são perturbados e/ou param de crescer como *hopper* ou são empurrados para um canto abrigado do tanque, onde então afundam e se acumulam no fundo desse tanque, onde posteriormente podem dar origem a cristais do tipo *chevron* ou outros.

Handford (1990) havia observado a influência do vento na distribuição dos cristais de diferentes morfologias (fig. 3). Segundo o autor, em ordem crescente de energia ocorrem *hopper* e balsas (*rafts*), cogumelos e almofariz (*mortarboard*) (Arthurton, 1973), *cornets* e *chevrons* (fig. 3).

Assim, vê-se que a halita *hopper* seria o tipo morfológico mais abundante nas áreas mais tranqüilas das bacias (fig. 3), enquanto que os *chevrons* são encontrados preferencialmente nas áreas mais agitadas (fig. 3).

4. CONCLUSÕES

As morfologias de halitas mais encontradas nas salinas de Cabo Frio são os *hopper*, *chevron*, cubos e dentes. Em menor quantidade, observou-se também o *mortarboard*, aqui definido como almofariz, e formas dendríticas.

Os cristais *hopper*, que são formados na interface ar-salmoura, são predominantemente encontrados nas áreas sem influência ou de baixa influência do vento. Quando perturbados pelo vento, afundam e podem dar origem a outras morfologias. Os cristais *chevron* são encontrados no fundo da salmoura, em locais de maior agitação das águas pelo vento esses locais, o acúmulo de cristais empilhados faz com que o crescimento dos mesmos se dê pela disputa por espaço e os cristais cresçam em direções preferenciais.

Cubos são formados na superfície, podendo posteriormente chegar até o fundo pelo próprio peso ou devido ao vento. Já os dentes ocorrem como crostas no fundo da salina.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à UFF pela bolsa de Iniciação Científica. Ao pessoal das salinas da UFF, principalmente ao Sr. Sales, pela colaboração durante os trabalhos de campo. Do mesmo modo, ao IEAPM, em Arraial do Cabo, em especial à Ten. Lúcia Artusi pela acolhida. A todos os estudantes, professores e funcionários do Departamento de Geologia que apoiaram este trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARTHURTON, R. S. Experimentally produced halite compared with Triassic layered halite-rock from Cheshire, England. *Sedimentology*, Oxford, v. 20, n. 1, p. 145-160, 1973.
- BARBIERI, E. B. A extração de sal e o clima de Cabo Frio. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 37, n.4, p.23-109, 1975.
- HANDFORD, C. R. Marginal marine halite: sabkhas and salinas. In: MELVIN, J. (Ed.) *Evaporites Petroleum and mineral resources*. Amsterdam: Elsevier, 1991. 556 p. p. 1-66. (Developments in sedimentology, 50).
- HANDFORD, C. R. Halite depositional facies in a solar salt pond: a key to interpreting physical energy and water depth in ancient deposits? *Geology*, Boulder, v.18, n. 8, p. 691-694, 1990.

EXPANDED ABSTRACT

Evaporites form abundant and thick deposits throughout the geologic record. Evaporites are excellent paleoclimatic indicators, as well as stratigraphic markers. As an example in Brazil, we can mention the Aptian evaporite belt, which lies along the eastern continental margin, an excellent stratigraphic marker between the lower continental deposited sedimentary sequences and an upper primarily marine sequence.

Usually, evaporites undergo extensive diagenetic modifications, which makes identification of the primary or depositional facies a hard task. So, it is extremely important to recognize and describe primary facies in modern environments. This is the main objective of this work - that is, to describe halite morphologies of a salina type environment. We also discuss how the different halite crystals are distributed in the 'tanks' of the salinas and what causes such distribution.

The selected area was the salinas, which belong to the University (UFF), located along the northern margins of the Araruama Lagoon (Cabo Frio region- Rio de Janeiro State). Later, our observations were extended to other salinas including the salinas located on the southern lagoon margins (the Maçambaba barrier beach).

Halite precipitation was seen to occur either at the air-brine surface or at the tank's bottoms, and such precipitation gives rise to different crystal morphologies. The most common types of crystals observed were hoppers, chevrons, cubes, and "tooth" like halite (other less abundant forms are dendritic and mortarboard).

Hoppers are cubes of halite, which have a remarkable well-developed central depression on the upper face of the crystal. Such cube face is formed at the air-brine interface, usually in quiet waters (no wind activity or insignificant wind activity)(Handford, 1990). Thus, hoppers were always found along the wind-free sides of the tanks.

Chevrons typically develop (as the name says) a chevron arrangement of crystal sides along preferential directions. Such crystal developments take place along the bottom of the tanks and are the result of crystal overgrowths at the bottom. It was observed that, hoppers could be drowned by the wind, which agitates the surface of the brine, causing them to be carried down to the bottom. Thus, overgrowth of new faces generates a competition for space and a chevron arrangement develops.

Perfect cubes (or almost perfect cubes) are the most abundant halite morphology in the salinas studied. They are formed at the brine surface as we have observed them, or at the bottom (Handford, 1990). "Tooth"-like halite is formed as an overgrowth on top of the previous crystals and generates a hard cover (crust) on the bottom deposit. Arthurton (1975) describes the formation of this morphology on top of hoppers one week after the deposition of the hoppers at the bottom. Our observations indicate faster growth rates, since in the salinas visited, salt is collected daily for commercial use.

To summarize, hoppers are generally found in quiet waters. As the wind starts to blow, hoppers are pushed to the corners of the tanks and settle at the bottom. There, overgrowth can generate chevrons in more agitated waters or other halite forms ("tooth"-like crystals among others).