



# 18º Congresso Nacional de Geotecnia

Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023



UNIVERSIDADE DE ÉVORA  
ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS



Sociedade  
Portuguesa  
de Geotecnia

## ESCOMBREIRAS E DEPÓSITOS DE LAMAS PROVENIENTES DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS CARBONATADAS

### Caso de estudo de aplicação de “natas” na produção de ligantes à base de resina para a produção de compósitos pétreos

Afonso, P.<sup>a\*</sup>, Azzalini, A.<sup>a</sup>, Lopes, L.<sup>a,b</sup>, Faria, P.<sup>a,c</sup>, Mourão, P.<sup>d</sup>, Martins, R.<sup>a</sup>, Pires, V.<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Geociências, Universidade de Évora

<sup>b</sup> Instituto de Ciências da Terra, Polo de Évora, Universidade de Évora

<sup>c</sup> GeoBioTec, Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro

<sup>d</sup> Departamento de Química e Bioquímica, CHANGE & MED, Universidade de Évora

<sup>e</sup> Laboratório HERCULES, Universidade de Évora

\* pafonso@uevora.pt



## Introdução

A indústria de extração e processamento de rochas ornamentais carbonatadas produz grandes quantidades de resíduos posteriormente depositados em escombreliras e depósitos de natas.

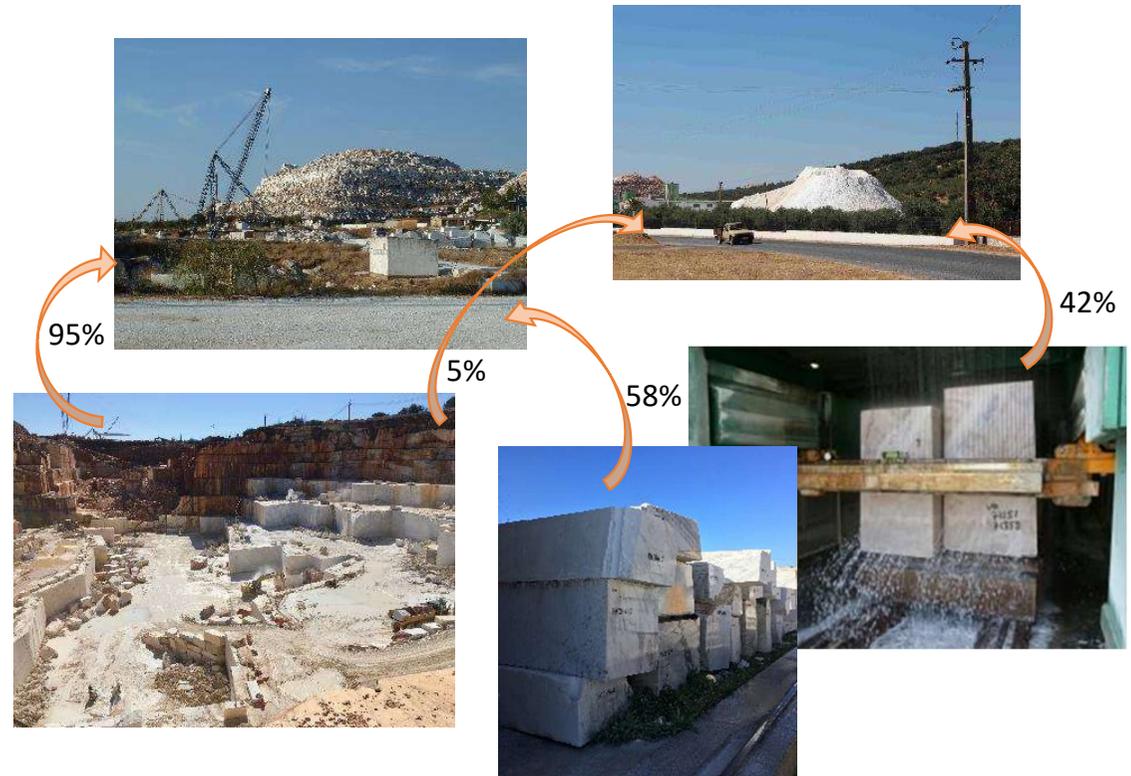
Tipos de resíduos:

1 – Nas pedreiras:

- Fragmentos de rocha – 95%;
- Nata carbonatada – 5%.

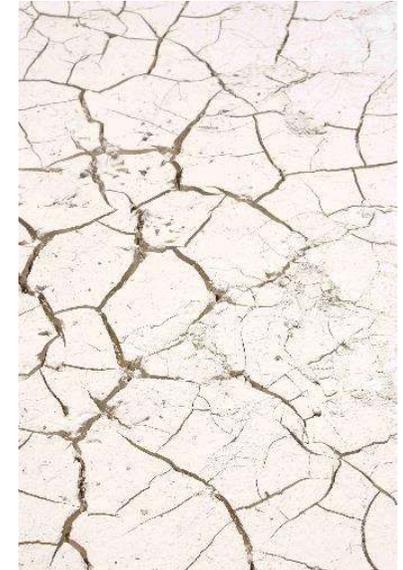
2 – Nas unidades de processamento:

- Fragmentos de rocha - 58%;
- Nata carbonatada - 42%.



## Impactos ambientais inevitáveis:

- redução da cobertura vegetal;
- diminuição da atividade agrícola;
- impermeabilização do solo;
- alteração das linhas de água com redução significativa da sua qualidade;
- alteração de ecossistemas;
- diminuição da qualidade do ar;
- redução do processo fotossintético das plantas;
- impacte visual.



## As pedreiras e a economia circular

Criação de novos produtos a partir de resíduos, provenientes da indústria extrativa e transformadora de rochas ornamentais carbonatadas.

Projeto Calcinata



**Economia linear VS economia circular**

## Depósitos de natas

Depósitos a céu aberto;

- Sem aproveitamento industrial;
- Elevados graus de pureza do  $\text{CaCO}_3$

Subproduto da indústria extrativa e transformadora de rochas ornamentais carbonatadas.

Investigação

Projeto Calcinata





## Materiais e Métodos

**Secagem (temperatura ambiente);**

**Desagregação (moinho de maxilas);**

**Caracterização físicas e química;**

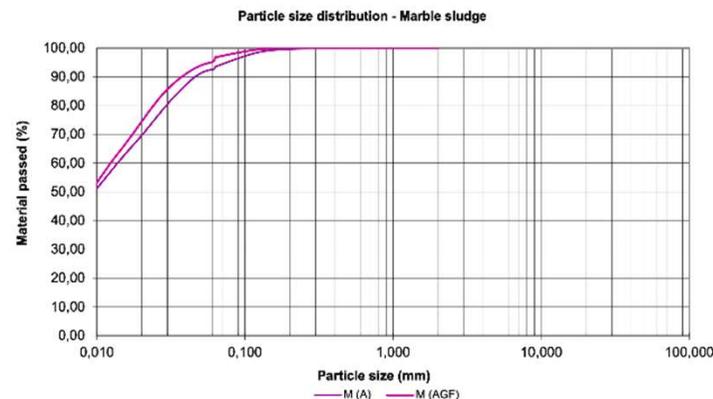
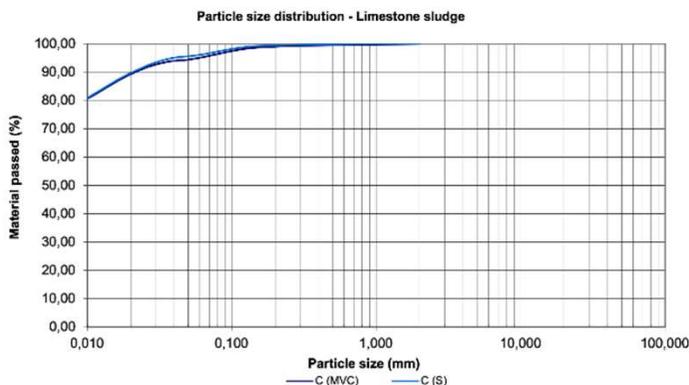
- Distribuição granulométrica;
- Determinação da massa volúmica;
- Composição química;
- Resistência à compressão uniaxial.



# Resultados

## Distribuição granulométrica

Amostras de calcário e de mármore com dimensões máximas de 2 mm.



### Massas volúmicas Natas carbonatadas

<b>M(A)</b>	2.537 g/cm <sup>3</sup>
<b>M(AGF)</b>	2.559 g/cm <sup>3</sup>
<b>C(S)</b>	2.490 g/cm <sup>3</sup>
<b>C(MVC)</b>	2.493 g/cm <sup>3</sup>

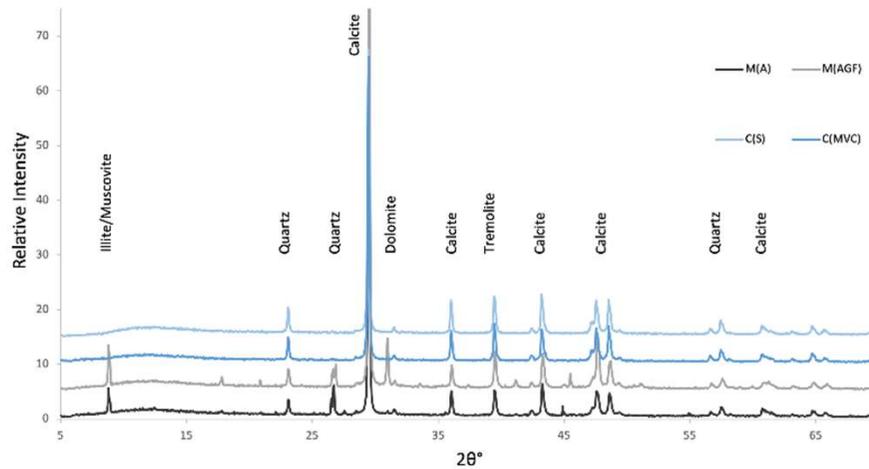
### Composição química

Percentagem dos teores dos elementos maiores.

Amostras	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MnO	TiO <sub>2</sub>
<b>M(A)</b>	0.716	3.537	51.555	0.829	0.274	0.362	0.670	0.008	0.026
<b>M(AGF)</b>	0.545	2.549	45.504	3.156	0.228	0.253	0.564	0.030	0.017
<b>C(S)</b>	0.276	0.297	54.189	0.301	0.089	0.143	0.620	0.004	0.011
<b>C(MVC)</b>	0.278	0.357	52.580	0.337	0.089	0.092	0.583	0.004	0.006

## Resultados

### Composição mineralógica



Após o desmolde, os provetes permaneceram em cura ao ar a temperatura ambiente, tendo sido testados aos 7, 14 e 28 dias. Verificou-se um aumento da resistência à compressão uniaxial com o tempo, com valores máximos registados aos 28 dias.

### Resistência à compressão uniaxial

Formulações	R (MPa)
ANM3 – 54.43%NM / 45.57%Res.	102.73
ANM4 – 50%NM / 50%Res.	98.35
ANM5 – 47%NM / 53%Res.	96.23
<b>ANM6 – 52%NM / 48%Res.</b>	<b>106.37</b>
ANC3 – 52.31%NC / 47.69%Res.	103.20
ANC4 – 50%NC / 50%Res.	102.12
ANC5 – 47%NC / 53%Res.	96.04



## Escombrelras

Acumulação constante de pedra em escombrelras:

- Degradação paisagística;
- Potenciais fontes de pedra para a produção de agregado para aplicação na construção civil, rodoviária e ferroviária.

### Zona de Pardais

Junho de 2019



Maio de 2023



## Conclusões

A pedra natural pode tornar-se um recurso escasso nas próximas gerações, aumentando os constrangimentos já existentes no acesso aos materiais de construção e recursos naturais.

Reutilização das natas carbonatadas

- Granulometria semelhante, apesar de origens diferentes;
- Percentagens significativas de CaO em todas as matas carbonatadas;
- A mistura 50 % nata carbonatada calcária / 50 % resina, supera em 4 MPa os valores da mistura com nata marmórea;
- As misturas 47 % nata / 53 % resina, apresenta valores idênticos para ambas as natas;
- A mistura 52 % nata / 48 % resina apresentam os melhores desempenhos, contudo a mistura com nata marmórea apresenta um valor de resistência à compressão mecânica superior à mistura com nata calcária.

A substituição das resinas epoxídicas pelas resinas poliéster, apresentam vantagens económicas nos preços dos produtos finais.

Redução da quantidade de resina utilizada, devido à incorporação das natas nas mistura revela-se favorável.

## Agradecimentos

Trabalho realizado no âmbito do projeto “CALCINATA – Produção de argamassa à base de cal a partir da calcinação de lamas carbonatadas provenientes da indústria das rochas ornamentais (mármore e calcários)” com a referência ALT20-03-0247- FEDER-072239. Projeto cofinanciado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) enquadrado no ALENTEJO 2020 (Programa Operacional Regional do Alentejo).

Os autores agradecem à Universidade de Évora, à Associação Cluster Portugal Mineral Resources, cogestora do projeto, ao Gabinete de Apoio aos Projetos da Universidade de Évora e ao Sr. Artur Calhau pela disponibilização das misturadoras.

Obrigada pela vossa atenção!!!

