



um parceiro
para a
competitividade

www.ctcv.pt

centro tecnológico da cerâmica e do vidro | coimbra | portugal

Estudo de valorização de **lamas** do processamento da pedra

Marisa Almeida / Anabela Amado
Ambiente e Sustentabilidade - **CTCV**

Coimbra / Porto
20 e 26/06/2018



Cofinanciado por:



- Objetivos do projeto
- Importância do estudo
- Ações desenvolvidas
- Resultados obtidos

- **Inventariar as quantidades de lamas** do processamento da pedra gerada em Portugal, bem como os destinos atuais e potenciais desta tipologia de resíduos;
- Estudar a **viabilidade de valorização das lamas noutros sectores industriais** por forma a minimizar a produção de resíduos e criar estratégias que promovam a **economia circular**;
- **Disseminar os resultados obtidos**, nomeadamente com as potenciais estratégias de valorização das lamas, incluindo a viabilidade noutros setores industriais pelas empresas dos subsectores abrangidos.

- **Potenciar a valorização de resíduos** cujo destino final atual é a deposição em aterro, promovendo estratégias deecoinovação e de economia circular;
- **Redução de impactes ambientais** associados à armazenagem e eliminação destes materiais;
- Potenciar o uso mais eficiente e racional dos recursos naturais (argila, areia);
- **Promoção de simbioses industriais**, onde os desperdícios, subprodutos ou resíduos de indústrias da pedra, são valorizados como recursos (matérias-primas) em empresas cerâmicas.

Estudo do estado da arte

- Consulta e pesquisa bibliográfica
- Informações recolhidas nas empresas de processamento de pedra:
 - Localização geográfica;
 - Processo e produtos fabricados;
 - Tipo e quantidade de lamas geradas;
 - Destino das lamas geradas;
 - Recolha de amostras das lamas geradas.

Ensaaios de incorporação

- Seleção de uma amostra das lamas recolhidas;
- Formulação de composições cerâmicas com incorporação de diferentes percentagens das lamas selecionadas;
- Ensaaios de aptidão tecnológica;
- Análise comparativa das propriedades dos produtos com e sem adição de lamas.

Estudo do estado da arte

- Estudo de mercado de potenciais destinos para as lamas de processamento da pedra, incluindo simbioses industriais
 - Descrição do setor da rocha ornamental e da sua produção (extração e transformação)
 - Tipologia dos resíduos nesta indústria
 - Caracterização das lamas geradas (recolhidas nas empresas)
 - Potenciais destinos das lamas e restos/aparas de pedra
 - Exemplos de aplicação/casos práticos

- **Pó de pedra**
 - Extração (perfuração, desmonte, carga, transporte e descarga de material)
 - Transformação (polimento e acabamento da personalização do produto final)
- **Lamas**
 - Extração (desmonte com fio diamantado e corte com utilização água)
 - Transformação (serragem e corte)
- **Restos/aparas de pedra**
 - Transformação (corte)

- Outros resíduos
 - Óleos de motores, transmissões e lubrificação
 - Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de proteção
 - Filtros de óleo
 - pneus usados
 - Acumuladores de chumbo
 - Metais
 - Calços de polimento
 - Etc.

- Verificação do carácter inerte das lamas geradas no setor das rochas ornamentais
 - Análise química e respetivo lixiviado de quatro lamas recolhidas nas empresas, resultantes da atividade de transformação
 - Metodologia indicada no Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de agosto (critérios de aceitação de resíduos em aterro)
 - Resultados comparados com valores constantes naquele diploma e limites da legislação holandesa relativa ao solo – referência na área dos materiais de construção (menos exigentes que os da legislação portuguesa)

As lamas analisadas são classificadas como “inertes”

- Análise química das lamas

Parâmetro (mg/kg)	Valor obtido				Valor limite	
	1	2	3	4	DL 183/2009	Holanda
COT	<10 000 ^{l.q.}	<10 000 ^{l.q.}	<10 000 ^{l.q.}	<10 000 ^{l.q.}	30 000	-
BTEX	<0,028 ^{l.q.}	<0,028 ^{l.q.}	<0,028 ^{l.q.}	<0,028 ^{l.q.}	6	4,75
PCB	<0,023 ^{l.q.}	<0,023 ^{l.q.}	<0,030 ^{l.q.}	<0,025 ^{l.q.}	1	0,5
Óleo mineral	<200 ^{l.q.}	<200 ^{l.q.}	<200 ^{l.q.}	<200 ^{l.q.}	500	500
HAP	<0,023 ^{l.q.}	<0,023 ^{l.q.}	<0,030 ^{l.q.}	<0,025 ^{l.q.}	100	50

< l.q. - inferior ao limite de quantificação

COT: Carbono Orgânico Total

BTEX: Benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno

PCB: policlorobifenilos 7 congéneres

HAP: Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos

- Análise química do eluato das lamas

Parâmetro (mg/kg)	Valor obtido				Valor limite DL 183/2009			Valor limite Holanda
	1	2	3	4	Inertes	Não perigosos	Perigosos	
pH (Escala de Sorensen)	7,8	7,7	7,6	7,6	-	-	-	-
Condutividade (25°C) (µS/cm)	174	94	102	132	-	-	-	-
Arsénio (As)	<0,10 ^{l.q.}	<0,10 ^{l.q.}	<0,10 ^{l.q.}	<0,20 ^{l.q.}	0,5	5	25	0,9
Bário (Ba)	0,296	0,139	0,293	0,260	20	100	300	22
Cádmio (Cd)	<0,01 ^{l.q.}	<0,01 ^{l.q.}	<0,01 ^{l.q.}	<0,01 ^{l.q.}	0,04	2	5	0,04
Crómio total (Cr)	<0,05 ^{l.q.}	<0,05 ^{l.q.}	<0,05 ^{l.q.}	<0,05 ^{l.q.}	0,5	20	70	0,63
Cobre (Cu)	<0,6 ^{l.q.}	<0,6 ^{l.q.}	<0,6 ^{l.q.}	<0,6 ^{l.q.}	2	50	100	0,9
Mercúrio (Hg)	<0,005 ^{l.q.}	<0,005 ^{l.q.}	<0,005 ^{l.q.}	<0,005 ^{l.q.}	0,01	0,5	2	0,02
Molibdénio (Mo)	0,100	<0,030 ^{l.q.}	<0,030 ^{l.q.}	0,043	0,5	10	30	1
Níquel (Ni)	<0,25 ^{l.q.}	<0,25 ^{l.q.}	<0,25 ^{l.q.}	<0,25 ^{l.q.}	0,4	10	40	0,44
Chumbo (Pb)	<0,05 ^{l.q.}	<0,05 ^{l.q.}	<0,05 ^{l.q.}	<0,05 ^{l.q.}	0,5	10	50	2,3
Antimónio (Sb)	<0,010 ^{l.q.}	<0,010 ^{l.q.}	<0,010 ^{l.q.}	<0,010 ^{l.q.}	0,06	0,7	5	0,16
Selénio (Se)	<0,010 ^{l.q.}	<0,010 ^{l.q.}	<0,010 ^{l.q.}	<0,010 ^{l.q.}	0,1	0,5	7	0,15
Zinco (Zn)	<0,2 ^{l.q.}	<0,2 ^{l.q.}	<0,2 ^{l.q.}	<0,2 ^{l.q.}	4	50	200	4,5
Cloreto	<100 ^{l.q.}	<100 ^{l.q.}	<100 ^{l.q.}	110	800	50 000	25 000	616
Fluoreto	9	10	7	8	10	250	500	18
Sulfato	437	325	<100 ^{l.q.}	911	1 000	20 000	50 000	1 730
Índice de fenol	<0,10 ^{l.q.}	<0,10 ^{l.q.}	<0,10 ^{l.q.}	<0,10 ^{l.q.}	1	-	-	1,25
COD	32	34	21	36	500	1 000	1 000	-
SDT	1000	450	540	530	4 000	60 000	100 000	-

< l.q. - inferior ao limite de quantificação COD: Carbono Orgânico Dissolvido SDT: Sólidos Dissolvidos Totais

- Lamas
 - Produtos cerâmicos (incorporação em pasta cerâmica)
 - Betão (substituição de uma percentagem de cimento)
 - Argamassas (substituir o material de enchimento)
 - Vidro (substituição de uma percentagem de areia)
 - Plásticos (substituição do material de enchimento)
 - Tratamento de solos (corretivo para regularização da acidez)
- Restos/aparas de pedra
 - Reutilização no próprio setor de rochas ornamentais
 - Betão e argamassas (substituição de uma percentagem de cimento)
 - Decoração paisagística

- Construção civil
 - inertes na pavimentação de caminhos
 - material de enchimento
 - material para fundações
 - ligante em trabalhos da construção civil

- Papel de pedra (resistente a fungos e impermeável)

Ensaio de incorporação

- Incorporação de lambras resultantes da transformação de pedras graníticas em duas pastas cerâmicas de tijolo;
 - Composições formuladas com a pasta FS-P0

Materiais	Composições			
	FS-P0	FS-P2,5	FS-P5	FS-P10
Pasta cerâmica	100%	97,5%	95%	90%
Lamas	0%	2,5%	5%	10%



- Composições formuladas com a pasta AM-P0

Materiais	Composições			
	AM-P0	AM-P5	AM-P10	AM-P15
Pasta cerâmica	100%	95%	90%	85%
Lamas	0%	5%	10%	15%

- Resultados obtidos após secagem e cozedura das várias composições ensaiadas em comparação com a composição de referência: FS-P0

Parâmetro	FS-P0	FS-P2,5	FS-P5	FS-P10
Temperatura de secagem: 110°C				
Humidade de extrusão* (%)	17,5	17,9	17,8	17,8
Retração verde-seco (%)	5,45 ± 0,17	5,73 ± 0,19	5,61 ± 0,25	5,18 ± 0,16
Resistência mecânica à flexão (kgf/cm ²)	54 ± 3	54 ± 2	54 ± 4	53 ± 2
Temperatura de cozedura: 800°C				
Retração seco-cozido (%)	-0,55 ± 0,05	-0,56 ± 0,02	-0,54 ± 0,02	-0,53 ± 0,02
Resistência mecânica à flexão (kgf/cm ²)	49 ± 3	51 ± 3	49 ± 2	40 ± 11
Absorção de água (%)	15,4 ± 0,2	15,1 ± 0,1	15,4 ± 0,1	16,1 ± 0,2
Temperatura de cozedura: 850°C				
Retração seco-cozido (%)	-0,47 ± 0,04	-0,48 ± 0,02	-0,48 ± 0,02	-0,49 ± 0,04
Resistência mecânica à flexão (kgf/cm ²)	69 ± 2	66 ± 4	65 ± 6	63 ± 2
Absorção de água (%)	15,3 ± 0,2	15,2 ± 0,1	15,2 ± 0,1	15,9 ± 0,1
Temperatura de cozedura: 900°C				
Retração seco-cozido (%)	-0,31 ± 0,03	-0,29 ± 0,05	-0,27 ± 0,04	-0,31 ± 0,04
Resistência mecânica à flexão (kgf/cm ²)	102 ± 3	99 ± 4	101 ± 3	92 ± 6
Absorção de água (%)	14,9 ± 0,3	15,1 ± 0,1	15,3 ± 0,1	15,9 ± 0,1

Os parâmetros de secagem e cozedura não sofreram alterações significativas, nomeadamente nas incorporações com adição de 2,5% e 5% de lamas, demonstrando a viabilidade de incorporação deste tipo de resíduo na indústria cerâmica

Incorporação na pasta AM-P0



- Resultados obtidos após secagem e cozedura das várias composições ensaiadas em comparação com a composição de referência: AM-P0

Parâmetro	AM-P0	AM-P5	AM-P10	AM-P15
Temperatura de secagem: 110°C				
Humidade de extrusão* (%)	19,4	19,2	20,1	19,9
Retração verde-seco (%)	4,90 ± 0,07	4,93 ± 0,12	4,62 ± 0,21	4,76 ± 0,33
Resistência mecânica à flexão (kgf/cm ²)	45 ± 1	45 ± 2	47 ± 2	45 ± 2
Temperatura de cozedura: 920°C				
Retração seco-cozido (%)	-0,18 ± 0,03	-0,21 ± 0,03	-0,17 ± 0,04	-0,19 ± 0,04
Resistência mecânica à flexão (kgf/cm ²)	63 ± 5	61 ± 2	68 ± 3	60 ± 2
Absorção de água (%)	18,2 ± 0,2	18,2 ± 0,1	18,5 ± 2,5	18,7 ± 0,2
Temperatura de cozedura: 950°C				
Retração seco-cozido (%)	-0,03 ± 0,06	-0,03 ± 0,02	0,06 ± 0,04	0,05 ± 0,03
Resistência mecânica à flexão (kgf/cm ²)	65 ± 3	66 ± 5	71 ± 3	65 ± 3
Absorção de água (%)	18,4 ± 0,1	18,0 ± 0,1	17,6 ± 0,1	18,5 ± 0,2
Temperatura de cozedura: 980°C				
Retração seco-cozido (%)	0,43 ± 0,12	0,42 ± 0,11	0,61 ± 0,05	0,57 ± 0,11
Resistência mecânica à flexão (kgf/cm ²)	72 ± 3	74 ± 4	82 ± 5	75 ± 4
Absorção de água (%)	17,7 ± 0,3	17,2 ± 0,6	16,6 ± 0,3	17,6 ± 0,3

Verificaram-se algumas melhorias nos parâmetros de secagem e cozedura, nomeadamente na incorporação com adição de 10% de lamas, perspetivando a possibilidade de alguma melhoria dos produtos finais com aquela percentagem de incorporação

- Resíduos inertes;
- Aplicabilidade na construção civil e potencialidade noutros setores industriais, como matéria-prima;
- Cumprem os requisitos definidos pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, para poderem ser considerados **subprodutos** e não resíduos da produção

tendo em conta o seguinte:

“quaisquer substâncias ou objetos resultantes de um processo produtivo cujo principal objetivo não seja a sua produção quando verificadas as seguintes condições:

- a) Existir a certeza de posterior utilização da substância ou objeto;
- b) A substância ou objeto poder ser utilizado diretamente, sem qualquer outro processamento que não seja o da prática industrial normal;
- c) A produção da substância ou objeto ser parte integrante de um processo produtivo;
- d) A substância ou objeto cumprir os requisitos relevantes como produto em matéria ambiental e de proteção da saúde e não acarretar impactes globalmente adversos do ponto de vista ambiental ou da saúde humana, face à posterior utilização específica.

MUITO OBRIGADA PELA SUA ATENÇÃO !

Marisa Almeida e Anabela Amado
marisa@ctcv.pt