

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 19/04/2025.

Universidade Estadual Paulista – UNESP
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente
Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais – POSMAT

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE POZOLÂNICA DA CINZA DE
RERREFINO DE ÓLEO LUBRIFICANTE EM COMPÓSITOS
CIMENTÍCIOS**

ALEX RAMOS DA SILVA

**Orientador: Prof. Dr. Renivaldo José dos Santos
Coorientador: Dr. Fábio Friol Guedes de Paiva**



Presidente Prudente
2023

Alex Ramos da Silva

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE POZOLÂNICA DA CINZA DE
RERREFINO DE ÓLEO LUBRIFICANTE EM COMPÓSITOS
CIMENTÍCIOS**

**Dissertação apresentada como requisito à
obtenção do título de Mestre à Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -
Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Materiais, linha de pesquisa de
Caracterização de Materiais, sob a orientação
do Prof. Dr. Renivaldo José dos Santos e
coorientação do Dr. Fábio Friol Guedes de
Paiva.**

Presidente Prudente

2023

S586a	Silva, Alex Ramos da Avaliação da atividade pozolânica da cinza de rerrefino de óleo lubrificante em compósitos cimentícios / Alex Ramos da Silva. -- Presidente Prudente, 2023 72 p. : tabs., fotos Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente Orientador: Renivaldo José dos Santos Coorientador: Fábio Friol Guedes de Paiva 1. Compósito cimentício. 2. Rerrefino de óleo lubrificante. 3. Borra. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE ALEX RAMOS DA SILVA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 19 dias do mês de abril do ano de 2023, às 09:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de ALEX RAMOS DA SILVA, intitulada “**AValiação da Atividade Pozolânica da Cinza de Rerrefino de Óleo Lubrificante em Compósitos Cimentícios**”. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. RENIVALDO JOSE DOS SANTOS (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Unesp - Campus de Rosana, Prof. Dr. GIOVANNI BARRERA TORRES (Participação Virtual) do(a) Departamento de Engenharia do Desenho Industrial / Instituto Tecnológico Metropolitano, Prof. Dr. AUGUSTO BATAGIN NETO (Participação Virtual) do(a) Coordenadoria de Curso de Engenharia de Produção / Instituto de Ciências e Engenharia - Unesp/ Campus de Itapeva. Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: **aprovado** . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

RENIVALDO JOSE DOS
SANTOS:27178864869

Assinado de forma digital por
RENIVALDO JOSE DOS
SANTOS:27178864869
Dados: 2023.04.19 14:34:01 -03'00'

Prof. Dr. RENIVALDO JOSE DOS SANTOS

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Renivaldo José dos Santos pela orientação e por toda ajuda e apoio durante o desenvolvimento e execução desse trabalho. Um agradecimento especial ao amigo e doutorando Lucas H. P. Silva pelas incontáveis horas imersos em testes e ensaios de laboratório, sem as quais a pesquisa não seria possível.

Agradeço imensamente ao meu grande amigo e coorientador Dr. Fábio Friol Guedes de Paiva, que me guiou em todo o processo do mestrado, desde a concepção da ideia inicial até as discussões dos resultados finais. Além das contribuições acadêmicas, fica aqui o meu agradecimento de coração por me apresentar ao mundo das pesquisas científicas, abrindo novas portas e possibilitando novas oportunidades em minha vida.

Agradeço ao Prof. Dr. Silvio Rainho Teixeira e o Prof. Dr. Aldo Eloizo Job, que me receberam de portas abertas em seu laboratório, pela contribuição na pesquisa. Agradeço ao amigo Luis Fernando que contribuiu com importantes análises no laboratório do Prof. Silvio, sempre disposto a realizar os ensaios da forma mais rápida possível.

Agradeço aos professores Adela Perez Galvín e Antonio Lopez Uceda, da Universidade de Córdoba, pela contribuição na pesquisa científica.

Por fim agradeço aos meus pais, familiares e amigos, que mesmo a distância seguiram acreditando em mim e me dando total apoio para seguir em frente.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.

(Madre Teresa de Calcutá)

RESUMO

Avaliação da atividade pozolânica da cinza de rerrefino de óleo lubrificante em compósitos cimentícios.

De acordo com a Lista Europeia de Resíduos, que tem a função de classificar os resíduos na União Europeia (UE), todo resíduo de óleo lubrificante (ROL) é considerado um resíduo perigoso, pois o descarte de ROL no meio ambiente pode representar um alto risco de danos aos ecossistemas. Atualmente, existem poucos estudos sobre a utilização do ROL, sendo apenas aproveitado na geração de energia e como agregado na produção de tijolos. Este trabalho estuda a viabilidade do uso de cinzas de rerrefino de óleo lubrificante (CROL) como material pozolânico em compósitos de argamassa, de acordo com as normas vigentes, reduzindo assim os riscos ao meio ambiente devido ao encapsulamento de substâncias perigosas. Compósitos de argamassa com 0%, 10%, 20%, 30% e 40% de cimento substituído por CROL foram estudados para determinar o teor ótimo. A atividade pozolânica foi verificada por meio de análise termogravimétrica e difração de raios X, e mostrou que CROL apresenta alta reatividade pozolânica, aumentando o consumo de portlandita, contribuindo para a formação adicional de gel hidratado de silicato de cálcio. Os resultados revelaram que com a substituição de até 30% do cimento por CROL não houve redução na resistência à compressão das argamassas proporcionando também redução no custo da argamassa em até 24,80%. O teste de lixiviação mostrou que o CROL bruto libera 9 substâncias perigosas, incluindo 6 metais pesados. A argamassa mostrou-se eficaz no encapsulamento de todas as substâncias estudadas, além de contribuir para a redução da deposição de resíduos perigosos em aterros industriais e redução do custo (<24%) e energia incorporada (<29%) de materiais cimentícios ecologicamente corretos. Assim, fica demonstrado o potencial das cinzas de rerrefino de óleo lubrificante tratado termicamente para aplicação na construção civil, indicando resultados relevantes para substituição do cimento. Além disso, o presente estudo contribui para a redução da deposição de resíduos perigosos em aterros industriais e do uso de recursos naturais.

Palavras-chave: *Borra; Rerrefino de óleo lubrificante; Compósito cimentício.*

ABSTRACT

Evaluation of the pozzolanic activity of lubricating oil re-refining ash in cementitious composites.

According to the European Waste List, which has the function of classifying waste in the European Union (EU), all lubricating oil waste (LOW) is considered a hazardous waste, since the disposal of LOW in the environment can represent a high risk of damage to ecosystems. Currently, there are few studies on the use of LOW, being only used in energy generation and as an aggregate in the production of bricks. This work studies the feasibility of using ash from lubricating oil re-refining (LORR) as a pozzolanic material in mortar composites, in accordance with current regulations, thus reducing risks to the environment due to the encapsulation of hazardous substances. Mortar composites with 0%, 10%, 20%, 30% and 40% of cement replaced by LORR were studied to determine the optimal content. The pozzolanic activity was verified by means of thermogravimetric analysis and X-ray diffraction, and showed that LORR presents high pozzolanic reactivity, increasing the portlandite consumption, contributing to the additional formation of hydrated calcium silicate gel. The results revealed that with the replacement of up to 30% of the cement by LORR, there was no reduction in the compressive strength of the mortars, also providing a reduction in the cost of the mortar by up to 24.80%. The leaching test showed that crude LORR releases 9 hazardous substances, including 6 heavy metals. The mortar proved to be effective in encapsulating all the substances studied, in addition to contributing to the reduction of the deposition of hazardous waste in industrial landfills and reducing the cost (<24%) and embodied energy (<29%) of ecologically correct cementitious materials. Thus, the potential of heat-treated lubricating oil re-refining ash for application in civil construction is demonstrated, indicating relevant results for the replacement of cement. In addition, the present study contributes to reducing the deposition of hazardous waste in industrial landfills and the use of natural resources.

Keywords: *Sludge; lubricating oil re-refining; cementitious composites.*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A – Aluminas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

Al_2O_3 – Óxido de Alumínio

ASTM – *American Society for Testing And Materials* (Associação Americana de Testes e Materiais)

BCA – Bagaço da Cana-de-açúcar

CFB – Cinza de Folha de Bambu

CH – Hidróxido de Cálcio – $\text{Ca}(\text{OH})_2$

CV – Cinzas Volantes

CO_2 – Dióxido de Carbono

C-S-H – Silicato de Cálcio Hidratado - $\text{CaO}:\text{SiO}_2:\text{H}_2\text{O}$

CROL – Cinzas de Rerrefino de Óleo Lubrificante

DP – Desvio Padrão

DRX – Difração de Raios X

DTG – Termogravimetria Derivada

EGAF – Escória Granulada de Alto-Forno

Fe_2O_3 – Óxido de Ferro III

HAP – Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos

IAF – Índice de Atividade De Força

LSC – Louças Sanitárias de Cerâmica

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

MPa - Megapascal

NaOH – Hidróxido de Sódio

NBR – Norma Brasileira

OH – Hidroxila

Paf – Perda ao Fogo

PNI – Perda Na Ignição

PP – Propriedade Perigosa

PV – Pó de Vidro

RC – Resíduos Cerâmicos

RCL – Resíduos Cerâmicos de Ladrilho

RV – Resíduo de Vidro

S – Enxofre

Si – Sílica

SiO₂ – Óxido de Silício

TBV – Tijolo de Barro Vermelho

TG – Teste Termogravimétrico

TGA – Termogravimetria

UE – União Europeia

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Aterro da empresa Prolub	19
Figura 2: <i>CROL antes (A) e depois (B) de ser calcinado</i>	35
Figura 3: Métodos experimentais e fases de estudo para avaliação ambiental por ensaios de lixiviação	39
Figura 4: Análise termogravimétrica de CROL.....	42
Figura 5: Distribuição de CROL, moída por 50min, e cimento.	43
Figura 6: a) Micrografia SEM do cimento CP-2-F-32; b) Micrografia SEM de CROL.	44
Figura 7: Difração de pó de raios X da cinza de CROL.....	46
Figura 8: a) Padrões de DRX de amostras de controle e CROL aos 7 e 28 dias de cura.	48
Figura 9: a) TGA e b) DTG das pastas de controle e CROL após 7 e 28 dias de cura.	49
Figura 10: Resistência à compressão dos corpos de prova de acordo com o tempo de cura.	50
Figura 11: Resistência à flexão dos corpos de prova de acordo com o tempo de cura.	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Efeitos dos contaminantes presentes nos óleos lubrificantes usados ou contaminados sobre o organismo humano.	20
Tabela 2: Proporção de mistura para 1m ³ de argamassa.....	36
Tabela 3: Proporção de mistura para amostras de argamassas (% em peso).	41
Tabela 4: Concentração de lixiviado (mg/kg) por teste de lixiviação de conformidade para partículas CROL não tratadas (CROL-U) e tratadas termicamente (CROL) na proporção L/S 10.....	45
Tabela 5: Resistência à compressão de argamassas para ensaio de atividade de força aos 28 dias.....	47
Tabela 6: Índice de vazios e absorção de água de argamassas conforme ASTM C642-06.	52
Tabela 7: Concentrações de lixiviado (mg/kg) por teste de lixiviação de conformidade para argamassas trituradas fabricadas com WFPS na relação L/S 10.	53
Tabela 8: Estimativa de custo de 1m ³ controle e CROL30% de compósitos de argamassa.....	54
Tabela 9: Caracterização química do resíduo em diferentes temperaturas.....	71
Tabela 10: Caracterização química do resíduo em diferentes temperaturas após processo de lavagem.	72

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Importância da Pesquisa	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	Rerrefino de Óleo Lubrificante	18
2.1.1	Saúde e Meio Ambiente	19
2.1.2	Aplicações.....	23
2.2	Materiais Pozolânicos	24
2.2.1	Origem das pozolanas	25
2.2.2	Classificação pozolânica.....	25
2.3	Aplicação de Resíduos como Substituto do Cimento	26
2.3.1	Cinza de folha de bambu	26
2.3.2	Cinza de bagaço de cana-de-açúcar.....	27
2.3.3	Escória de fundição.....	28
2.3.4	Resíduos de cerâmica.....	29
2.3.5	Resíduos de vidro	31
3	ESTUDO EXPERIMENTAL	34
3.1	Materiais	34
3.2	Configurações e procedimentos de teste	35
3.2.1	Caracterização de CROL	35
3.2.2	Produção de corpos de prova de argamassas.....	36
3.2.3	Índice de atividade de força (IAF)	37
3.3	Monitoramento da reação pozolânica através de DRX, TGA e DTG	37
3.4	Propriedades das argamassas em estado sólido	38
3.5	Avaliação ambiental por teste de lixiviação	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	41

4.1	Características químicas	41
4.2	Análise termogravimétrica de CROL	41
4.3	Perda na ignição (PNI)	42
4.4	Tamanho da partícula	42
4.5	Análise morfológica	43
4.6	Teste de lixiviação de resíduos	44
4.7	Composição mineralógica	46
4.8	Índice de atividade de força (IAF) de CROL	47
4.9	Monitoramento da atividade pozolânica	47
4.10	Resistência à compressão e à flexão de argamassas	50
4.11	Comportamento da lixiviação em argamassas de cimento triturado com CROL	52
4.12	Custo e ecoeficiência	54
5	CONCLUSÕES	55
	REFERÊNCIAS	56
	APÊNDICES	71
	APÊNDICE A – Calcinação da Borra do Resíduo de Rerrefino de Óleo Lubrificante	71

1 INTRODUÇÃO

Na construção civil, a produção de cimento aumentou significativamente, tornando-se um dos produtos mais utilizados no planeta (AL-KUTTI; SAIFUL ISLAM; NASIR, 2019). No entanto, existem algumas desvantagens ambientais no processo de produção desse material, como alto consumo de energia e emissão excessiva de gases de efeito estufa na atmosfera. Atualmente, as empresas de cimento produzem cerca de 2 bilhões de toneladas de cimento por ano, sendo responsáveis por emitir cerca de 7% das emissões de todo CO² produzido globalmente, para sua produção (SOUSA; BOGAS, 2021). Assim, diversos ligantes alternativos menos nocivos ao meio ambiente vêm sendo estudados como substitutos (pelo menos parcialmente) do cimento, atribuindo atividade pozolânica, como resíduos de construção e demolição (HE *et al.*, 2021; PITARCH *et al.*, 2021), cinzas agroindustriais (BRAZ *et al.*, 2019; MARTINS TORRES *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2021), vidro (LI *et al.*, 2022; TREZZA; RAHHAL, 2019), e outros (PAIVA *et al.*, 2021).

Na indústria automobilística, um dos resíduos mais produzidos por veículos e máquinas é o óleo lubrificante, que tem como principal função preservar as partes internas dos motores e as juntas mecânicas, reduzindo o desgaste por atrito e corrosão, entre outras características (KUPAREVA; MÄKI-ARVELA; MURZIN, 2013). A decomposição dos aditivos e as interações entre os componentes resultantes do desgaste do motor são as principais fontes dos contaminantes do óleo lubrificante (YANG *et al.*, 2016). Os componentes do óleo lubrificante têm grande potencial para poluir o meio ambiente. Ao despejá-los em locais impróprios, podem atingir os lençóis freáticos, ou, se forem queimados de forma não apropriada, há emissões de óxidos metálicos e gases tóxicos, como dióxido de carbono e óxidos de enxofre (PARK *et al.*, 2009).

Em 2019, foram produzidas 36,8 milhões de toneladas de óleo lubrificante (GARSIDE, 2020). A reciclagem do óleo lubrificante gera 19 litros de óleo reciclado para cada 25 litros, no entanto, o processo resulta no resíduo denominado “borra”, constituído pela parte mais degradada do lubrificante utilizado. É composto por polímeros, resinas, aditivos, metais e carbono (fuligem), sendo classificado como resíduo perigoso (classe I), na Norma Brasileira e Europeia (LWART, 2014; NBR 10004, 2004).

De acordo com a Lista Europeia de Resíduos, que apresenta a classificação dos resíduos na União Europeia (UE), todo resíduo de óleo lubrificante (ROL) é considerado um resíduo perigoso. Isso ocorre porque o resíduo possui pelo menos uma Propriedade Perigosa (PP) listada no Regulamento da Comissão (UE) nº 1357/2014, independentemente de sua composição e/ou origem. HP5 (Toxicidade de Aspiração), HP7 (cancerígeno) e/ou HP14 (eco tóxico) são comumente vistos em resíduos de óleo lubrificantes (PINHEIRO; QUINA; GANDO-FERREIRA, 2021; UK, 2015). O combustível não queimado e os subprodutos da combustão também podem levar à formação de produtos químicos como os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP). A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer classificou esses compostos constituídos por vários anéis, como o benzo[a]pireno, como cancerígenos para humanos (PINHEIRO; QUINA; GANDO-FERREIRA, 2021).

Atualmente, existem poucos estudos sobre o uso da borra de rerrefino de óleo lubrificante. Dentre as investigações existentes, o resíduo vem sendo aplicado na geração de energia, no qual é utilizado como combustível alternativo, aproveitando seu poder calorífico (SILVA; FRANCISCO; L, 2017). Além disso, são poucos os estudos de aplicação das cinzas geradas no processo de queima. Dentre as existentes, esta cinza composta por bentonita, óleos e resíduos, vem sendo utilizada como substituto na produção de tijolos, com resultados positivos quando 10% em peso do resíduo é incorporado em sua produção (TEIXEIRA, SILVIO R.; SANTOS, 2008).

A argila bentonítica presente nas cinzas, indica potencial para ser utilizada como material para substituição parcial do cimento em argamassas e concretos. Embora haja um efeito negativo na trabalhabilidade de concretos e das argamassas com a mistura de bentonita com cimento, esse problema pode ser facilmente resolvido com o uso de aditivos modificadores da trabalhabilidade. Assim, embora reduza a trabalhabilidade, a mistura de bentonita com cimento tem a capacidade de melhorar a viscosidade de argamassas e concreto (MAYUR MADHUKAR MASKE, NANDKUMAR KRISHNARAO PATIL, 2021).

Laidani et al. (2022) analisaram o uso de bentonita simples para substituir parcialmente o cimento na produção de concreto (LAIDANI *et al.*, 2022). Notaram que com a quantidade de bentonita sendo misturada com cimento, as novas propriedades do concreto como trabalhabilidade, densidade e absorção de água diminuiram. Porém, houve uma melhora de resistência mecânica do concreto. Essa melhora na resistência à compressão do concreto se deve à ação pozolânica de aluminosilicates

amorfo encontrados na bentonita calcificada com portlandita produzida durante a hidratação do cimento, o que resulta em mais CSH na relação Ca/Si baixa a alta (LAIDANI *et al.*, 2022). Para Zadražil *et al.* (2004), esse aumento na resistência deve-se à densificação da estrutura dos poros, o que resulta na redução das tensões térmicas geradas nas proximidades dos poros do gel (ZADRAŽIL; VODÁK; KAPIČKOVÁ, 2004). Outras fontes relataram resultados semelhantes, demonstrando o impacto positivo da bentonita calcinada como substituto parcial do cimento (LIMA-GUERRA *et al.*, 2014; TAYLOR-LANGE *et al.*, 2015).

O presente trabalho apresenta uma argamassa alternativa com substituição parcial do cimento por cinzas de rerrefino de óleo lubrificante. Suas propriedades estruturais, morfológicas e físico-mecânicas foram estudadas. Além disso, também é demonstrado seu potencial de encapsulamento de substâncias perigosas, possibilitando suas aplicações na construção civil como material pozolânico em substituição ao cimento. Assim, apresentamos uma alternativa mais sustentável à substituição do cimento e também uma solução para o tratamento de um resíduo perigoso classificado como eco tóxico, cancerígeno e outros potenciais problemas para o ser humano e o meio ambiente.

1.1 Importância da Pesquisa

A substituição de agregados miúdos, agregados graúdos e cimento por alguns resíduos tem sido estudada com sucesso em materiais cimentícios mais ecológicos. No entanto, ainda há poucos relatos na literatura sobre cinzas de rerrefino de óleo lubrificante (CROL) para aplicação na construção civil, e não há relato como material complementar em compósitos cimentícios. Devido a sua composição química, este resíduo é classificado como perigoso, e alternativas para seu tratamento e uso são investigadas nesta pesquisa. O CROL tem sido utilizado para combustão, reduzindo o custo da queima industrial e resultando em uma cinza com alta concentração de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 . Assim, estudos com cinzas CROL como material pozolânico são promissores e também fornecem novas formas de reutilizar CROL e avaliar o encapsulamento de metais pesados perigosos, desenvolvendo materiais cimentícios mais ecológicos.

5 CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados, o CROL produzido neste trabalho mostrou-se um excelente material pozolânico, atendendo as normas e requisitos específicos, como granulometria, composição química e IAF. As seguintes conclusões são tiradas desta investigação:

1. Os resultados do DTG mostraram que o CROL contribui para o aumento da atividade pozolânica, aumentando o consumo de portlandita, gerando a maior quantidade de C-S-H, C-A-H e C-A-S-H;

2. Corroborando os resultados do DTG, o ensaio de DRX também mostrou a alta reatividade do CROL, consumindo CH rapidamente e contribuindo para a formação adicional de gel de hidrato de silicato de cálcio (C-S-H);

3. A substituição de cimento por CROL até 30% resultam em sistemas com resistências mecânicas semelhante em comparação com argamassas de controle, sendo uma alternativa de baixo custo como material cimentício complementar;

4. O consumo mais rápido de Ca(OH)_2 , forma adicional de gel de hidrato de silicato de cálcio (C-S-H), pode contribuir para a maior durabilidade dos materiais cimentícios, uma vez que o hidróxido de cálcio é o principal alvo dos meios corrosivos para a deterioração do concreto;

5. Os testes de lixiviação através do Compliance Test mostraram que o CROL bruto libera altos níveis de alguns metais pesados e ânions, que foram classificados como resíduos perigosos. O tratamento realizado no CROL contribuiu para reduzir os níveis de liberação da maioria dos metais pesados e ânions. No entanto, a matriz cimentícia mostrou-se eficaz em encapsular os metais pesados nas cinzas de CROL, uma vez que os níveis de liberação das argamassas britadas ficaram abaixo dos limites perigosos, portanto, classificadas como não perigosas. Conseqüentemente, não apresenta risco ao meio ambiente no final de sua vida quando o material está fragmentado, com alto contato entre o lixiviado e o sólido;

6. A estimativa de custo mostrou que o uso do CROL pode reduzir o custo das argamassas em até 24,80%, respectivamente, sendo uma alternativa sustentável ao aproveitamento de um resíduo industrial perigoso em sua forma original.

REFERÊNCIAS

ABADOU, Yacine; MITICHE-KETTAB, Ratiba; GHRIEB, Abderrahmane. **Ceramic waste influence on dune sand mortar performance.** *Construction and Building Materials*, v. 125, p. 703–713, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.083>>.

ABNT. *NBR 12653: Materiais pozolânicos - Requisitos.* Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015a.

ABNT. *NBR 12653 - Pozzolanitic materials — Requirements.* Rio de Janeiro: ABNT, 2015b.

AL-KUTTI, Walid; SAIFUL ISLAM, A. B.M.; NASIR, Muhammad. **Potential use of date palm ash in cement-based materials.** *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, v. 31, n. 1, p. 26–31, 2019.

ANDERSON, Derrick J.; SMITH, Scott T.; AU, Francis T.K. **Mechanical properties of concrete utilising waste ceramic as coarse aggregate.** *Construction and Building Materials*, v. 117, p. 20–28, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.153>>.

ANDRADE NETO, José da Silva; DE LA TORRE, Angeles G.; KIRCHHEIM, Ana Paula. **Effects of sulfates on the hydration of Portland cement – A review.** *Construction and Building Materials*, v. 279, p. 122428, 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061821001884>>.

ANM. NM 18 - **Portland cement - Chemical analysis - Determination of loss on ignition.** p. 4, 2012.

APROMAC. **Gerenciamento de Óleos Lubrificantes Usados ou Contaminados.** p. 333, 2011. Disponível em: <<https://static-sindirrefino-prod.s3.amazonaws.com/upload/manuaisetreinamentos/00001500.pdf>>.

ASHRAF, Muhammad *et al.* **Developing a sustainable concrete incorporating bentonite clay and silica fume: Mechanical and durability performance.** *Journal of Cleaner Production*, v. 337, p. 130315, 2022. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652621044796>>.

ASTM. **ASTM C618: Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete.** West Conshohocken: American Society for Testing and Materials, 2019.

ASTM. D5370-14, **Standard Specification for Pozzolanic Blended Materials in Construction Applications.** West Conshohocken, ASTM, p. 3 p., 2014.

ASTM C1437-20. **Standard test method for flow of hydraulic cement mortar.** p. 2, 2020. Disponível em: <www.astm.org>.

ASTM C305-20. **Standard Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency.** p. 3, 2020. Disponível em: <www.astm.org>.

ASTM C348-20. **Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars.** p. 6, 2020. Disponível em: <www.astm.org>.

ASTM C349-18. **Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic-Cement Mortars.** p. 4, 2018. Disponível em: <www.astm.org>.

ASTM C618. **Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete.** . West Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials, 2019.

ASTM C642-13. **Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete.** p. 3, 2013. Disponível em: <www.astm.org>.

AWOYERA, P.O. *et al.* **Microstructural characteristics, porosity and strength development in ceramic-laterized concrete.** *Cement and Concrete Composites*, v. 86, p. 224–237, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958946517306583>>.

AWOYERA, P.O. *et al.* **Suitability of mortars produced using laterite and ceramic wastes: Mechanical and microscale analysis.** *Construction and Building Materials*, v. 148, p. 195–203, 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061817309236>>.

AWOYERA, Paul O. *et al.* **Characterization of ceramic waste aggregate concrete.** *HBRC Journal*, v. 14, n. 3, p. 282–287, 2018. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1016/j.hbrcj.2016.11.003>>.

AWOYERA, Paul O.; ADESINA, Adeyemi; GOBINATH, Ravindran. **Role of recycling fine materials as filler for improving performance of concrete - a review.** *Australian Journal of Civil Engineering*, v. 17, n. 2, p. 85–95, 2019. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14488353.2019.1626692>>.

BAI, J.; WILD, S.; SABIR, B.B. **Chloride ingress and strength loss in concrete with different PC–PFA–MK binder compositions exposed to synthetic seawater.** *Cement and Concrete Research*, v. 33, n. 3, p. 353–362, 2003. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0008884602009614>>.

BERENQUER, R. *et al.* **Cement-based materials: Pozzolanic activities of mineral additions are compromised by the presence of reactive oxides.** *Journal of Building Engineering*, v. 41, p. 102358, 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S235271022100214X>>.

BRAZ, Inara Guglielmetti *et al.* **Effect of the Addition of Aluminum Recycling Waste on the Pozzolanic Activity of Sugarcane Bagasse Ash and Zeolite.** *Waste and Biomass Valorization*, v. 10, n. 11, p. 3493–3513, 2019. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s12649-018-0342-6>>.

BURSI, Elena *et al.* **Chelating Agent Treatment on Leaded Residuals from Glass Separated Urban Collection to Be Used in Cement Mortars.** *Waste and Biomass Valorization*, v. 9, n. 12, p. 2493–2501, 2018. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s12649-018-0254-5>>.

C162-05; ASTM C162-05. **Standard terminology of glass and glass products.** *ASTM International*, v. 05, n. Reapproved, p. 16, 2015.

CORDEIRO, Guilherme C.; KURTIS, Kimberly E. **Effect of mechanical processing on sugar cane bagasse ash pozzolanicity.** *Cement and Concrete Research*, v. 97, p. 41–49, 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0008884616310122>>.

CORDEIRO, Guilherme Chagas; ANDREÃO, Pryscila Vinco; TAVARES, Luís Marcelo. **Pozzolanic properties of ultrafine sugar cane bagasse ash produced by controlled burning.** *Heliyon*, v. 5, n. 10, p. e02566, 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405844019362267>>.

DAL MOLIN, D. C. C. **Adições minerais para concreto estrutural.** V. 1 ed. São Paulo, SP: IBRACON, 2005.

DHINAKARAN, G.; CHANDANA, Gangava Hari. **Compressive Strength and Durability of Bamboo Leaf Ash Concrete.** *Jordan Journal of Civil Engineering*, v. 10, n. 3, p. 279–289, 2016. Disponível em: <https://elearning.just.edu.jo/jjce/issues/show_paper.php?pid=3601>.

DWIVEDI, V.N. *et al.* **A new pozzolanic material for cement industry: Bamboo leaf ash.** *INTERNATIONAL JOURNAL OF THE PHYSICAL SCIENCES*, v. 1, n. 3, p. 106–111, 2006.

EL-DIEB, Amr S. *et al.* **Ceramic waste powder: from landfill to sustainable concretes.** *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Construction Materials*, v. 171, n. 3, p. 109–116, 2018. Disponível em: <<https://www.icevirtuallibrary.com/doi/10.1680/jcoma.17.00019>>.

ELAQRA, Hossam A.; HALOUB, Mohamed A. Abou; RUSTOM, Rifat N. **Effect of new mixing method of glass powder as cement replacement on mechanical behavior of concrete.** *Construction and Building Materials*, v. 203, p. 75–82, 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061819300923>>.

FAO. **Food and Agricultural Organization Statistical Yearbook.** 2016. Disponível em: <www.fao.org>.

FRÍAS, Moisés *et al.* **Characterization and properties of blended cement matrices containing activated bamboo leaf wastes.** *Cement and Concrete Composites*, v. 34, n. 9, p. 1019–1023, 2012. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958946512001151>>.

GANESAN, K.; RAJAGOPAL, K.; THANGAVEL, K. **Evaluation of bagasse ash as supplementary cementitious material.** *Cement and Concrete Composites*, v. 29, n.

6, p. 515–524, 2007. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958946507000418>>.

GARSIDE, M. **Global demand for lubricants from 2000 to 2019**. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/411616/lubricants-demand-worldwide/>>.

GHOLAMPOUR, Aliakbar; OZBAKKALOGLU, Togay. **Performance of sustainable concretes containing very high volume Class-F fly ash and ground granulated blast furnace slag**. *Journal of Cleaner Production*, v. 162, p. 1407–1417, 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095965261731257X>>.

GHOSH, Sadhan Kumar. **Sustainable Waste Management: Policies and Case Studies**. 2017, Singapore: Springer Singapore, 2017. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/978-981-13-7071-7>>.

HAJIMOHAMMADI, Ailar; NGO, Tuan; KASHANI, Alireza. **Glass waste versus sand as aggregates: The characteristics of the evolving geopolymer binders**. *Journal of Cleaner Production*, v. 193, p. 593–603, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652618314227>>.

HAN, Jianguo *et al.* **Influence of sodium aluminate on cement hydration and concrete properties**. *Construction and Building Materials*, v. 64, p. 342–349, 2014. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061814004061>>.

HAN, Jianguo *et al.* **Study of aluminum sulfate and anhydrite on cement hydration process**. *Materials and Structures*, v. 49, n. 4, p. 1105–1114, 2016. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1617/s11527-015-0561-2>>.

HAN, Weiwei *et al.* **Using of borosilicate glass waste as a cement additive**. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, v. 381, p. 11–15, 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168583X16302208>>.

HE, Ziming *et al.* **Research progress on recycled clay brick waste as an alternative to cement for sustainable construction materials**. *Construction and Building Materials*, v. 274, p. 122113, 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061820341167>>.

HEIDARI, Ali; TAVAKOLI, Shiva; TAVAKOLI, Davoud. **Reusing Waste Ceramic and Waste Sanitary Ware in Concrete as Pozzolans with Nano-Silica and Metakaolin.** *International Journal of Sustainable Construction Engineering Technology*, v. 10, n. 1, 2019. Disponível em: <<https://publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/IJSCET/article/view/4863/2933>>.

JAVALI, Shiraksha *et al.* **Eco-concrete for sustainability: utilizing aluminium dross and iron slag as partial replacement materials.** *Clean Technologies and Environmental Policy*, v. 19, n. 9, p. 2291–2304, 2017. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10098-017-1419-9>>.

KAMALI, Mahsa; GHAHREMANINEZHAD, Ali. **Effect of glass powders on the mechanical and durability properties of cementitious materials.** *Construction and Building Materials*, v. 98, p. 407–416, 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095006181500687X>>.

KESHAVARZ, Zahra; MOSTOFINEJAD, Davood. **Porcelain and red ceramic wastes used as replacements for coarse aggregate in concrete.** *Construction and Building Materials*, v. 195, p. 218–230, 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061818326989>>.

KHAN, Muhammad Umar; AHMAD, Shamsad; AL-GAHTANI, Husain Jubran. **Chloride-Induced Corrosion of Steel in Concrete: An Overview on Chloride Diffusion and Prediction of Corrosion Initiation Time.** *International Journal of Corrosion*, v. 2017, p. 1–9, 2017. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/ijc/2017/5819202/>>.

KHANDELWAL, Saurabh; RHEE, Kyong Yop. **Evaluation of pozzolanic activity, heterogeneous nucleation, and microstructure of cement composites with modified bentonite clays.** *Construction and Building Materials*, v. 323, p. 126617, 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061822003087>>.

KIM, Myung-Soo; HWANG, Jong-Sic; KIM, Hyung-Rak. **Re-refining of waste lube oils by vacuum distillation with petroleum atmospheric residuum.** *Journal of Environmental Science and Health . Part A: Environmental Science and Engineering*

and Toxicology, v. 32, p. 1013–1024, 1997.

KIZHAKKUMODOM VENKATANARAYANAN, Harish; RANGARAJU, Prasada Rao. **Effect of grinding of low-carbon rice husk ash on the microstructure and performance properties of blended cement concrete.** *Cement and Concrete Composites*, v. 55, p. 348–363, 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958946514001838>>.

KUPAREVA, Antonina; MÄKI-ARVELA, Päivi; MURZIN, Dmitry Yu. **Technology for rerefining used lube oils applied in Europe: a review.** *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, v. 88, n. 10, p. 1780–1793, 2013. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/jctb.4137>>.

KWAO-BOATENG, Emmanuela *et al.* **Re-refining Used Engine Oil in Ghana Using Solvent Extraction and Acid-Clay Treatment.** *International Journal of Chemical Engineering*, v. 2022, p. 1–8, 2022. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/ijce/2022/6344409/>>.

LADOMERSKÝ, Juraj *et al.* **One-year properties of concrete with partial substitution of natural aggregate by cupola foundry slag.** *Journal of Cleaner Production*, v. 131, p. 739–746, 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652616303778>>.

L Aidani, Zine El-Abidine *et al.* **Potential pozzolanicity of Algerian calcined bentonite used as cement replacement: optimisation of calcination temperature and effect on strength of self-compacting mortars.** *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, v. 26, n. 4, p. 1379–1401, 2022.

LI, Qiong *et al.* **Performance of waste glass powder as a pozzolanic material in blended cement mortar.** *Construction and Building Materials*, v. 324, p. 126531, 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061822002239>>.

LIMA-GUERRA, D. J. *et al.* **Use of Bentonite and Organobentonite as Alternatives of Partial Substitution of Cement in Concrete Manufacturing.** *International Journal of Concrete Structures and Materials*, v. 8, n. 1, p. 15–26, 2014. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s40069-013-0066-8>>.

LWART. **Como é realizado rerrefino na fábrica da Iwart.** Disponível em: <<http://ww.lwart.com.br/site/content/lubrificantes>>.

MARTINS TORRES, Sara *et al.* **Assessing the pozzolanic activity of sugarcane bagasse ash using X-ray diffraction.** *Construction and Building Materials*, v. 264, p. 120684, 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061820326891>>. Acesso em: 13 abr. 2022.

MARTIRENA HERNÁNDEZ, J.F. *et al.* **Use of wastes of the sugar industry as pozzolana in lime-pozzolana binders: study of the reaction.** *Cement and Concrete Research*, v. 28, n. 11, p. 1525–1536, 1998. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0008884698001306>>.

MAYUR MADHUKAR MASKE, NANDKUMAR KRISHNARAO PATIL, Amey Deepak Katdare. **Review of application of plain and calcined bentonite as a cement blending material in concrete and mortar.** *PSYCHOLOGY AND EDUCATION*, v. 58, n. 1, p. 873–878, 2021.

MEDINA, C.; FRÍAS, M.; SÁNCHEZ DE ROJAS, M.I. **Microstructure and properties of recycled concretes using ceramic sanitary ware industry waste as coarse aggregate.** *Construction and Building Materials*, v. 31, p. 112–118, 2012. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061811007653>>.

MOHAMMADHOSSEINI, Hossein *et al.* **Enhanced performance of green mortar comprising high volume of ceramic waste in aggressive environments.** *Construction and Building Materials*, v. 212, p. 607–617, 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061819308682>>.

MONTEIRO, S. **Influence of firing temperature on the ceramic properties of clays from Campos dos Goytacazes, Brazil.** *Applied Clay Science*, v. 27, n. 3–4, p. 229–234, 2004. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169131704000316>>.

MORAES, M. J. B. De. **Estudo do potencial da cinza de folha de bambu para sua utilização como material pozolânico e sustentável em matrizes cimentantes.** p. 90, 2019.

MORAES, M.J.B. *et al.* **Production of bamboo leaf ash by auto-combustion for pozzolanic and sustainable use in cementitious matrices.** *Construction and Building Materials*, v. 208, p. 369–380, 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061819304805>>.

MORAIS, Alline Sardinha Cordeiro *et al.* **Fluorescent Lamp Glass Waste Incorporation into Clay Ceramic: A Perfect Solution.** *JOM*, v. 68, n. 9, p. 2425–2434, 2016. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11837-016-1985-z>>.

NBR 10004. **Solid waste – Classification.** *ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas*, p. 1–71, 2004.

NBR 10005:2004. **procedure for obtention leaching extract of solid wastes.** *ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas*, p. 1–16, 2004.

NBR 16697. **Portland cement - Requirements.** *ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas*, p. 12, 2018.

NBR 5736, ABNT. **Cimento Portland pozolânico.** *ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas*, p. 1 pag., 1991.

NBR 5752:2014. **Pozzolanic materials — Determination of the performance index with Portland cement at 28 days.** *ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas*, p. 4, 2014.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto.** Bookman ed. Porto Alegre: 5^a ed., 2016.

ONER, A.; AKYUZ, S. **An experimental study on optimum usage of GGBS for the compressive strength of concrete.** *Cement and Concrete Composites*, v. 29, n. 6, p. 505–514, 2007.

ÖZBAY, Erdoğan Erdoğan; ERDEMİR, Mustafa; DURMUŞ, Halil İbrahim İbrahim. **Utilization and efficiency of ground granulated blast furnace slag on concrete properties – A review.** *Construction and Building Materials*, v. 105, p. 423–434, 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061815308254>>.

PAIVA, Fábio Friol Guedes De *et al.* **Utilization of inorganic solid wastes in cementitious materials – A systematic literature review.** *Construction and Building*

Materials, v. 285, p. 122833, 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061821005936>>.

PAL, S.C; MUKHERJEE, A; PATHAK, S.R. **Investigation of hydraulic activity of ground granulated blast furnace slag in concrete.** *Cement and Concrete Research*, v. 33, n. 9, p. 1481–1486, 2003. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0008884603000620>>.

PAPADAKIS, Vagelis G. **Effect of fly ash on Portland cement systems.** *Cement and Concrete Research*, v. 30, n. 10, p. 1647–1654, 2000.

PARK, Sung-Woo *et al.* **Electrokinetic remediation of contaminated soil with waste-lubricant oils and zinc.** *Journal of Hazardous Materials*, v. 169, n. 1–3, p. 1168–1172, 2009. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304389409006256>>.

PAVLÍK, Zbyšek *et al.* **DSC and TG Analysis of a Blended Binder Based on Waste Ceramic Powder and Portland Cement.** *International Journal of Thermophysics*, v. 37, n. 3, p. 32, 2016. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10765-016-2043-3>>.

PENTEADO, Carmenlucia Santos Giordano; VIVIANI DE CARVALHO, Eduardo; LINTZ, Rosa Cristina Cecche. **Reusing ceramic tile polishing waste in paving block manufacturing.** *Journal of Cleaner Production*, v. 112, p. 514–520, 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652615008756>>.

PINHEIRO, Carolina T.; QUINA, Margarida J.; GANDO-FERREIRA, Licínio M. **Management of waste lubricant oil in Europe: A circular economy approach.** *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v. 51, n. 18, p. 2015–2050, 2021. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10643389.2020.1771887>>.

PITARCH, A. M. *et al.* **Effect of Tiles, Bricks and Ceramic Sanitary-Ware Recycled Aggregates on Structural Concrete Properties.** *Waste and Biomass Valorization*, v. 10, n. 6, p. 1779–1793, 2019. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s12649-017-0154-0>>.

PITARCH, A.M. *et al.* **Pozzolanic activity of tiles, bricks and ceramic sanitary-ware in eco-friendly Portland blended cements.** *Journal of Cleaner Production*, v. 279, p. 123713, 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652620337586>>.

RAJASEKAR, A.; ARUNACHALAM, K.; KOTTAISAMY, M. **Assessment of strength and durability characteristics of copper slag incorporated ultra high strength concrete.** *Journal of Cleaner Production*, v. 208, p. 402–414, 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652618331342>>.

RASHID, Khuram *et al.* **Analytical framework for value added utilization of glass waste in concrete: Mechanical and environmental performance.** *Waste Management*, v. 79, p. 312–323, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X18304835>>.

RASHID, Khuram *et al.* **Experimental and analytical selection of sustainable recycled concrete with ceramic waste aggregate.** *Construction and Building Materials*, v. 154, p. 829–840, 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061817315702>>.

RAUCKYTE, Teresa; HARGREAVES, Douglas J.; PAWLAK, Zenon. **Determination of heavy metals and volatile aromatic compounds in used engine oils and sludges.** *Fuel*, v. 85, n. 4, p. 481–485, 2006. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S001623610500267X>>.

RODIER, Loïc *et al.* **Potential use of sugarcane bagasse and bamboo leaf ashes for elaboration of green cementitious materials.** *Journal of Cleaner Production*, v. 231, p. 54–63, 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652619317421>>.

ROJAS, Moisés Frías; CABRERA, Joseph. **The effect of temperature on the hydration rate and stability of the hydration phases of metakaolin–lime–water systems.** *Cement and Concrete Research*, v. 32, n. 1, p. 133–138, 2002. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0008884601006421>>.

S. EL-DIEB, Amr; R. TAHA, Mahmoud; I. ABU-EISHAH, Samir. **The Use of Ceramic Waste Powder (CWP) in Making Eco-Friendly Concretes.** *Ceramic Materials -*

Synthesis, Characterization, Applications and Recycling, 2019. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/ceramic-materials-synthesis-characterization-applications-and-recycling/the-use-of-ceramic-waste-powder-cwp-in-making-eco-friendly-concretes>>.

SADEEK, Sadeek A. *et al.* **Hydrotreating of waste lube oil by rejuvenated spent hydrotreating catalyst.** *Egyptian Journal of Petroleum*, v. 23, n. 1, p. 53–60, 2014. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1110062114000105>>.

SAIKIA, N.J *et al.* **Physicochemical and cementitious properties of sludge from oil field effluent treatment plant.** *Cement and Concrete Research*, v. 31, n. 8, p. 1221–1225, 2001. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0008884601005506>>.

SAMARAKOON, M.H. H.; RANJITH, P.G. G.; DE SILVA, V.R.S. R.S. **Effect of soda-lime glass powder on alkali-activated binders: Rheology, strength and microstructure characterization.** *Construction and Building Materials*, v. 241, p. 118013, 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061820300180>>. Acesso em: 13 abr. 2022.

SHARMA, Devinder. **Utilization of Waste Foundry Slag and Alccofine for Developing High Strength Concrete.** *International Journal of Electrochemical Science*, p. 3190–3205, 2016. Disponível em: <<http://www.electrochemsci.org/abstracts/vol11/110403190.pdf>>.

SHARMA, Rachit. **Laboratory Study on Effect of Construction Wastes and Admixtures on Compressive Strength of Concrete.** *Arabian Journal for Science and Engineering*, v. 42, n. 9, p. 3945–3962, 2017. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s13369-017-2540-0>>.

SIDDIQUE, Salman *et al.* **Strength and impact resistance properties of concrete containing fine bone china ceramic aggregate.** *Construction and Building Materials*, v. 169, p. 289–298, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061818304744>>.

SIDDIQUE, Salman; SHRIVASTAVA, Sandeep; CHAUDHARY, Sandeep. **Influence**

of ceramic waste on the fresh properties and compressive strength of concrete. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, v. 23, n. 2, p. 212–225, 2019. Disponível em:

<<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19648189.2016.1275985>>.

SILVA, Rogério José Da; FRANCISCO, Renata Vitor Chaves S. G.; L, Alexandre Oliveira. **Co processing of Scrap Tires and Waste from the Re refining of Used Lube Oil in Cement Kilns.** *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, v. 4, n. 6, p. 4, 2017.

SILVA, F. A. N. **Avaliação ambiental de peças cerâmicas industriais contendo resíduo da indústria petrolífera.** *Anais do 57º Congresso da Associação Brasileira de Metais e Metalurgia*, p. 12, 2000.

SILVA, Lucas Henrique Pereira *et al.* **Bamboo leaf ash for use as mineral addition with Portland cement.** *Journal of Building Engineering*, v. 42, n. February, p. 1–9, 2021.

SINGH, N.B; SINGH, V.D; RAI, Sarita. **Hydration of bagasse ash-blended portland cement.** *Cement and Concrete Research*, v. 30, n. 9, p. 1485–1488, 2000. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0008884600003240>>.

SOUSA, Vitor; BOGAS, José Alexandre. **Comparison of energy consumption and carbon emissions from clinker and recycled cement production.** *Journal of Cleaner Production*, v. 306, p. 127277, 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652621014967>>.

SOUZA, G. P.; HOLANDA, J. N. F. **Propriedades Cerâmicas de Massas Argilosas Contendo Resíduo de Borra de Petróleo Encapsulada.** *Anais do 14º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais - CBECIMAT*, 2000.

TAYLOR-LANGE, Sarah C. *et al.* **Calcined kaolinite–bentonite clay blends as supplementary cementitious materials.** *Applied Clay Science*, v. 108, p. 84–93, 2015. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169131715000423>>.

TEIXEIRA, Silvio R.; SANTOS, Gleyson T. de A. **Incorporation of waste from used**

lube oil re-refining in ceramic body: characterization and properties. *REVISTA CIÊNCIAS EXATAS – UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ*, v. 2, n. 1, p. 6, 2008.

TEIXEIRA, Silvio Rainho. **CARACTERIZAÇÃO DE ARGILAS USADAS PARA PRODUÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA E ESTUDO DAS ALTERAÇÕES NAS SUAS PROPRIEDADES PELA ADIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.** 2006. 182 f. Universidade Estadual Paulista, 2006.

TEIXEIRA, Silvio Rainho. **CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS PRODUZIDOS EM USINA DE RE-REFINO DE ÓLEO LUBRIFICANTE USADO VISANDO SEU APROVEITAMENTO.** *Research, Society and Development*, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/267249278_CARACTERIZACAO_DE_RESIDUOS_PRODUCIDOS_EM_USINA_DE_RE-REFINO_DE_OLEO_LUBRIFICANTE_USADO_VISANDO_SEU_APROVEITAMENTO>.

TORRES, Anthony; BARTLETT, Laura; PILGRIM, Cole. **Effect of foundry waste on the mechanical properties of Portland Cement Concrete.** *Construction and Building Materials*, v. 135, p. 674–681, 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061817300405>>.

TREZZA, M. A.; RAHHAL, V. F. **Self-activation of slag-cements with glass waste powder.** *Materiales de Construcción*, v. 69, n. 336, p. 203, 2019. Disponível em: <<http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/2267>>.

UK, Environment Agency. **Technical guidance WM3: Waste classification - Guidance on the classification and assessment of waste.** Disponível em: <https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1021051/Waste_classification_technical_guidance_WM3.pdf>.

VILLAR-COCIÑA, Ernesto *et al.* **Pozzolanic behavior of bamboo leaf ash: Characterization and determination of the kinetic parameters.** *Cement and Concrete Composites*, v. 33, n. 1, p. 68–73, 2011. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958946510001332>>.

VILLAR COCIÑA, Ernesto *et al.* **Pozzolanic Characterization of Cuban Bamboo Leaf Ash: Calcining Temperature and Kinetic Parameters.** *Waste and Biomass*

Valorization, v. 9, n. 4, p. 691–699, 2018. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s12649-016-9741-8>>.

WANG, Wenjing *et al.* **Effect of physical properties of recycled coarse aggregate on the mechanical properties of recycled aggregate thermal insulation concrete (RATIC).** *Construction and Building Materials*, v. 180, p. 229–238, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061818313163>>.

YANG, Chun *et al.* **Characterization and differentiation of chemical fingerprints of virgin and used lubricating oils for identification of contamination or adulteration sources.** *Fuel*, v. 163, p. 271–281, 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016236115009679>>.

ZADRAŽIL, T.; VODÁK, F.; KAPIČKOVÁ, O. **Effect of Temperature and Age of Concrete on Strength – Porosity Relation.** *Acta Polytechnica*, v. 44, n. 1, 2004. Disponível em: <<https://ojs.cvut.cz/ojs/index.php/ap/article/view/516>>.

ZAREEI, Seyed Alireza *et al.* **Recycled ceramic waste high strength concrete containing wollastonite particles and micro-silica: A comprehensive experimental study.** *Construction and Building Materials*, v. 201, p. 11–32, 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061818331519>>.