



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS VIII  
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE – CCTS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANA LÍDIA ALVES DE ARAÚJO**

**RESÍDUO DE MARMORARIA COMO MATERIAL PARA MELHORIA DAS  
PROPRIEDADES DE ENGENHARIA DE SOLOS PROBLEMÁTICOS: REVISÃO  
BIBLIOGRÁFICA**

**ARARUNA  
2018**

**ANA LÍDIA ALVES DE ARAÚJO**

**RESÍDUO DE MARMORARIA COMO MATERIAL PARA MELHORIA DAS  
PROPRIEDADES DE ENGENHARIA DE SOLOS PROBLEMÁTICOS: REVISÃO  
BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Leidimar Bezerra.

**ARARUNA  
2018**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A658r Araujo, Ana Lidia Alves de.  
Resíduo de marmoraria como material para melhoria das propriedades de engenharia de solos problemáticos [manuscrito] : revisão bibliográfica / Ana Lidia Alves de Araujo. - 2018.  
29 p.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde , 2018.

"Orientação : Prof. Dr. Raimundo Leidimar Bezerra ,  
Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

1. Pó de Mármore. 2. Lama. 3. Geotecnia.

21. ed. CDD 624.189

TERMO DE APROVAÇÃO

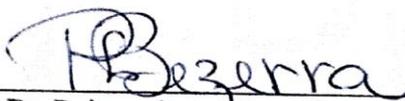
ANA LÍDIA ALVES DE ARAÚJO

**RESÍDUO DE MARMORARIA COMO MATERIAL PARA MELHORIA DAS  
PROPRIEDADES DE ENGENHARIA DE SOLOS PROBLEMÁTICOS: REVISÃO  
BIBLIOGRÁFICA**

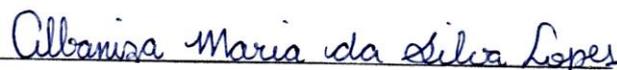
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Aprovada em: 20/06/2018.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Raimundo Leidimar Bezerra (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Albaniza Maria da Silva Lopes  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Daniel Baracuy da Cunha Campos  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A Deus, que em sua infinita bondade, manteve-me de pé mesmo diante de tantos percalços, DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por se fazer presente em todos os momentos de minha vida, mas em especial, por não me fazer fraquejar durante os anos de graduação. Gratidão ao maior mestre que alguém pode conhecer.

A esta universidade, todo corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. Aos meus professores durante o ensino médio e ao ambiente acolhedor proporcionado pelo IFPB Campus Picuí. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados, aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

Ao meu orientador Raimundo Leidimar. pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Ao meu noivo, Tiago, pela paciência e dedicação ao longo dos anos de graduação.

Às minhas amigas, pelos momentos descontraídos e palavras de amizade e apoio nos momentos difíceis.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada!

“As ameaças causadas pela deposição dos resíduos de pó de mármore, sem as devidas precauções, podem ser de carácter físico, químico e biológico.”

Bdour e Al-Juhani

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>10</b>
2.1. GESTÃO AMBIENTAL.....	10
2.2. ROCHAS ORNAMENTAIS .....	10
2.2.1. Granitos.....	11
2.2.2. Mármore.....	12
2.3. RESÍDUOS DO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS .....	12
2.3.1. Resíduos sólidos – conceitos e legislação .....	14
2.3.2. Classificação dos resíduos .....	14
2.3.3. Estudo de caso: Utilização do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais na construção civil .....	16
2.4. MARMORARIAS NO ESTADO DA PARAÍBA .....	17
2.4.1. Principais aspectos ambientais .....	17
2.5. ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS UTILIZANDO RESÍDUOS DE MÁRMORE .....	18
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>24</b>
3.1. TIPO DE ESTUDO .....	24
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>25</b>
<b>5. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>27</b>

# RESÍDUO DE MARMORARIA COMO MATERIAL PARA MELHORIA DAS PROPRIEDADES DE ENGENHARIA DE SOLOS PROBLEMÁTICOS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ana Lídia Alves de Araújo\*

## RESUMO

Hoje em dia, a destinação final dos resíduos representa um dos grandes problemas enfrentados no mundo moderno, o crescimento populacional acarreta no aumento da produção de bens, consumo de matérias-primas e, por consequência, de resíduos. Os resíduos de marmoraria são subprodutos do beneficiamento do mármore, e compostos basicamente de lascas de rochas, chapa quebrada e lama, que por sua vez, é composta por água, pó de rocha e material abrasivo. Solos chamados problemáticos são aqueles expansíveis ou colapsáveis, são assim denominados por representarem um problema à engenharia de fundações, os solos problemáticos sofrem mudanças no seu comportamento com a presença de umidade. O objetivo deste estudo foi mostrar a possibilidade de aplicação de resíduos de marmoraria como material para melhoria das propriedades de engenharia de solos, a partir de referenciais bibliográficos. Para a seleção de fontes, foi utilizado como critério de inclusão, as bibliografias que abordassem o uso de resíduos na engenharia, dentro da temática da Geotecnia. Levando em consideração o risco ambiental dos resíduos e suas características, deve ser feito o processo de reciclagem, de modo que os novos produtos correspondem às expectativas do consumidor. Todos os estudos abordados na revisão mostraram vantagens na utilização do resíduo de marmoraria como material de melhoria das propriedades do solo, seja no âmbito econômico ou de aumento de resistência mecânica. Os resultados obtidos mostraram que a adição de pó de mármore às amostras de argila reduziu o custo de construção de estruturas em solos problemáticos, e a descoberta de novas áreas de utilização para resíduos de pó de mármore diminuirá a poluição ambiental.

**Palavras-chave:** Pó de mármore. Lama. Geotecnia.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos grandes problemas enfrentados no mundo moderno está relacionado à destinação final dos resíduos produzidos com o consumo de matérias-primas, logo, a melhor alternativa na redução de impactos ambientais gerados com o consumo de matérias-primas ainda é a reciclagem e o reuso. (Gobbo et.al, 2004) A principal diferença entre as duas está no processo e no resultado final. Na reciclagem o resíduo passa por um processo de transformação, já no caso do reuso, o resíduo é empregado com uma utilidade diferente da proposta inicial.

---

\* Aluna de Graduação em Engenharia Civil na Universidade Estadual da Paraíba – Campus VIII.  
Email: analidiaalveseng@gmail.com.br

Sabendo que o beneficiamento de rochas ornamentais gera quantidade significativa de resíduos, o reaproveitamento desses resíduos, representa interesse, haja vista que contribui na redução de custos e no desenvolvimento sustentável. (Mello, 2006)

Os resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais são compostos por lascas de rochas, chapas quebradas e lama, geralmente composta por água, pó de rocha e material abrasivo. De acordo com Oliveira (2015), a quantidade de lama abrasiva gerada no beneficiamento de rochas ornamentais é enorme, e há preocupação com tais resíduos, pois podem alcançar rios, lagos, córregos e reservatórios naturais, pois são lançados no ecossistema sem tratamento prévio. Além disso, grandes áreas são necessárias para estocagem da lama até que ocorra o recolhimento do resíduo.

Neste sentido, vários estudos visam o aproveitamento dos resíduos de marmoraria na construção civil, em virtude das propriedades físico-mecânicas do resíduo. O objetivo deste estudo foi verificar a possibilidade de aplicação de resíduos de marmoraria como material de melhoria das propriedades de engenharia de solos problemáticos, a partir de referenciais bibliográficos.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. GESTÃO AMBIENTAL**

O termo gestão ambiental é bastante abrangente, e é frequentemente usado para ordenar as atividades humanas para que estas originem o menor impacto possível sobre o meio. Em uma organização, a gestão ambiental vai desde a escolha das melhores técnicas até o cumprimento da legislação e a alocação correta de recursos humanos e financeiros. Santiago et al. (2011)

### **2.2. ROCHAS ORNAMENTAIS**

Existem diversas definições acerca de rochas ornamentais, porém de acordo com Oliveira (2015), são materiais rochosos que são utilizados em virtude de sua aparência estética, a partir de onde surge o valor agregado, possibilitando-os serem empregados como elementos decorativos, trabalhos artísticos e como material de construção.

De acordo com Santiago et al. (2011), a produção de rochas ornamentais apresentou crescimento nas últimas décadas, sendo os maiores produtores, os estados: Espírito Santo, Minas Gerais e Bahia. Em 1980, a produção brasileira era composta basicamente por mármore

devido às necessidades tecnológicas, apesar de o granito, ser uma rocha ornamental comercialmente mais importante e mais resistente que o mármore.

Oliveira (2015), afirma que na tentativa de contribuição para o crescimento do desenvolvimento sustentável e maior aproveitamento de resíduos na construção civil, junto com o aumento do desempenho destas aplicações, avalia-se uma grande possibilidade do uso do pó residual da marmoraria.

As características específicas como textura, cor, granulometria e desenho determinam o setor em que as rochas ornamentais serão empregadas; além disso, existem fatores relevantes para escolha do material, como as características físicas e químicas. E de acordo com Marini (1997), ainda na etapa de pesquisa do mineral, deve ser realizada a caracterização tecnológica dos materiais, permitindo o prévio conhecimento do tipo de aplicação, sendo que as características podem ainda ser influenciadas pelos métodos de lavras e processos de beneficiamento.

Trabalhos reportados na literatura (Almeida et al., 2007);(Başer, 2009); (Bhavsar, 2014); (Çelik e Sabah, 2008); (Çokça, 2001); (Frasca, 2003); (Frasca, 2008); (Gobbo et.al, 2004); (Indraratna et al., 1994); (Lages et al., 2004); (Mello, 2006); (Mishra, 2008); (Moura, 2002); (Muntohar e Hantoro, 2000); (Oates, 1998); (Okagbue e Onyeobi,1999); (Okagbue e Yakubu, 2000); (Oliveira, 2015); (Santiago et al., 2011); (Saygili, 2015); (Silva, 1998); (Tegethoff, 2001); (Villaschi e Sabadini, 2000); (Yousef, 2015); (Zorluer, 2003), têm demonstrado o potencial da utilização de resíduos de rochas ornamentais no desenvolvimento da construção civil. Os termos mármore e granito são muito genéricos, e, sendo assim, os resíduos variam de empresa para empresa.

### **2.2.1. Granitos**

De acordo com Lages et al. (2004), o granito é uma rocha ígnea composta de três minerais, quartzo, feldspato alcalino e mica. E segundo Oliveira (2015), estes minerais são os chamados minerais essenciais, aqueles que se encontram numa rocha e são fundamentais para classificação e nomenclatura, podendo ocorrer ainda a presença de anfibólio e piroxênio como minerais acessórios que se apresentam em pequenas quantidades numa rocha. As transformações de seus componentes mineralógicos atribuem cores e texturas distintas às rochas.

Segundo Mello (2006), a dureza Mohs dos granitos varia entre 6 e 7, a depender dos teores de feldspato e quartzo presentes na sua composição, haja vista que estes possuem durezas

distintas (6 e 7, respectivamente). Assim, quanto maior a quantidade de quartzo presente na sua composição, maior a resistência ao desgaste abrasivo do granito.

### 2.2.2. Mármore

Mármore são rochas metamórficas compostas basicamente por calcita e/ou dolomita. Contudo, comercialmente, são compreendidos como qualquer rocha carbonática, tanto de origem sedimentar (calcários e dolomitos), como metamórfica. (Mello, 2006)

Oliveira (2015) denomina a coloração do mármore como branca à rocha, entretanto seu padrão cromático é determinado pelos minerais acessórios e pelas impurezas presentes em seus componentes.

A dureza Mohs é uma das principais características dos mármore e, diferente dos granitos, apresentam dureza baixa, pois seus principais componentes (calcita e dolomita), apresentam dureza entre 3 e 4. (Mello, 2006) Um outro aspecto relevante aos mármore, é a existência da efervescência ao entrar em contato com ácido clorídrico.

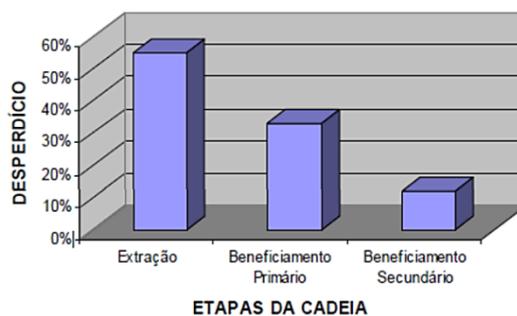
Na diferenciação entre o mármore e o granito, são recomendados dois simples procedimentos, os granitos não são capazes de serem riscados por canivetes, chaves ou pregos, diferentemente dos mármore, entretanto, os mármore reagem ao ataque do ácido clorídrico, efervescendo tanto mais intensamente quanto maior o teor em calcita, o que não ocorre com os granitos. (Santiago, 2011)

## 2.3. RESÍDUOS DO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Devido às atividades realizadas na exploração das rochas são produzidos inúmeros resíduos, Oliveira (2015) elaborou um gráfico (Figura 1), mostrando os percentuais médios desses desperdícios, e uma tabela (Tabela 1), com a origem dessas perdas.

Figura 1 - Percentuais médios de desperdícios nas etapas da cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais.

**DESPERDÍCIO NA CADEIA PRODUTIVA DO SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS**



Fonte: Oliveira (2015)

Tabela 1 - Origem das perdas na cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais.

ETAPAS DA CADEIA PRODUTIVA	ORIGEM DAS PERDAS
EXTRAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blocos com dimensões padronizadas;</li> <li>• Cacos de pedra e pó;</li> </ul>
SERRARIA (Beneficiamento primário)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imperfeições dos casqueiros;</li> <li>• Quebras de placa por falhas no empilhamento;</li> <li>• Serragem de placas defeituosas.</li> </ul>
MARMORARIA (Beneficiamento secundário)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retalhos de rocha;</li> <li>• Pó de serraria;</li> <li>• Pó de marmoraria.</li> </ul>

Fonte: Oliveira (2015) adaptado pelo autor

Mello (2006), afirma que o setor de rochas ornamentais é responsável por três tipos principais de resíduo, conforme a seguir:

- retalhos de rocha: resíduo é originado de sobras e quebras de peças, chegando a alcançar uma perda de 10% a 20%. Estes fragmentos muitas vezes são jogados no pátio da própria empresa. Algumas empresas doam estes fragmentos, porém outras os retrabalham confeccionando produtos alternativos como, por exemplo, enfeites, puxadores de gavetas e armários, etc;
- pó de serraria: é o pó proveniente da serragem dos blocos de rochas (após a extração), além do polimento e lustro das chapas. Este pó é o resíduo gerado em maior quantidade, chegando a atingir entre 30% a 40% em volume dos blocos serrados conforme GOBBO et al. (2004);
- pó de marmoraria: esta ocorre em forma de partículas finas formadas a partir do processo de recorte, polimento e lustro de peças, confeccionadas a partir das chapas geradas nas serrarias. Estas peças podem ser tanto personalizadas, como pias, balcões, etc, como também padronizadas, como placas, revestimentos, peitoris entre outros. De acordo com Gobbo et al. (2004), esta lama é produzida em 2% do total de volume processado, o que a princípio parece pouco, porém pensando na produção de um mês, bem como de várias empresas, é possível justificar seu estudo, uma vez que o Estado de São Paulo, conforme Mello (2006), produziu cerca de 336.000 t de rochas ornamentais no ano de 2003, isso significa aproximadamente 7.000 t de lama.

### **2.3.1. Resíduos sólidos – conceitos e legislação**

Segundo Frascá (2008), a conceituação e a proposição de procedimentos para gestão de resíduos sólidos têm sido alvos recentes de diversos órgãos governamentais. Por isso, embora aparentemente similares, ainda não há uniformidade nas conceituações, o que muitas vezes confunde os interessados. No tocante à reciclagem e usos de agregados, há pouca informação disponível, inversamente à ampla gama de temas de pesquisa no assunto.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004a), descreve resíduos sólidos, como: “[...] resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam da atividade da comunidade, de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.”

### **2.3.2. Classificação dos resíduos**

Os resíduos, segundo ABNT (2004a), são distinguidos em três classes: I – perigosos; II – não inertes; e III – inertes. Entre os resíduos inertes, menciona como exemplo as rochas.

As diretrizes, definições, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil foram estabelecidos na Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em 2004.

Devido à quantidade de resíduo gerado por inúmeros processos de produção e a diferença entre estes, a ABNT (2004a), avalia os resíduos em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, que podem apresentar riscos à saúde pública e/ou ao meio ambiente, conforme descrito a seguir:

- a) Resíduos Classe I – perigosos – apresentam riscos à saúde pública (provocando ou acentuando o aumento da mortalidade ou incidência de doenças), ao meio ambiente (quando o resíduo é manuseado ou destinado de forma inadequada), ou características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, que estão definidas na norma em discussão;
- b) Resíduos Classe II – não inertes – aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – perigosos ou de Classe II B – inertes, podem ter as propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
- c) Resíduos Classe III – inertes – aqueles que, quando submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme NBR 10006 ABNT (2004b), não solubiliza seus constituintes a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excluindo: o aspecto, a cor, a turbidez, a dureza e o sabor.

GOBBO et al. (2004) classificam a lama residual do beneficiamento de rochas ornamentais de acordo com a NBR 10004, a Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, o anteprojeto de Política Estadual de Resíduos Sólidos de São Paulo e o Projeto de Lei 611 sobre Disciplina da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos, como demonstrado a seguir:

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, em sua Resolução 307 de 2002, apresenta as seguintes classificações:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso;

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;

IV - Classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Assim, segundo a Resolução 307, os resíduos do beneficiamento do mármore classifica-se como classe B, “resíduos recicláveis para destinações, como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros; onde abrangeriam também os finos de serragem, polimento e lustro”.

Anteprojeto de Política Estadual de Resíduos Sólidos: de acordo com este, encaixam-se na categoria II, os quais são “resíduos industriais provenientes de atividades de pesquisa e de transformação de matérias-primas e substâncias orgânicas em novos produtos, por processos específicos, bem como os provenientes das atividades de mineração e extração, de montagem e manipulação de produtos acabados e aqueles gerados em áreas de utilidade, apoio, depósito e de administração das indústrias similares”.

Projeto de Lei 611: os resíduos de marmorarias se encaixariam dentre aqueles “gerados em comércio, escritórios e serviços”, onde o seu possuidor se desprenda ou tenha a intenção ou a obrigação de desprender-se.

### 2.3.3. Estudo de caso: Utilização do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais na construção civil

Moura (2002), em seu trabalho, observou que o RCMG (Resíduo de Corte de Mármore e Granito), não poderia ser utilizado sozinho como aterro, devido à sua granulometria muito fina, estudando-se a sua utilização na mistura com um solo areno-siltoso, solo comumente utilizado na região de estudo. A determinação do teor ótimo de RCMG foi definido com base no melhor comportamento das misturas quanto ao Índice de Suporte Califórnia (CBR), em que foram realizadas misturas com substituição de 15%, 25% e 35% do solo areno-siltoso por RCMG (em massa), conforme apresentado na Tabela 2 a seguir.

**Tabela 2: Resultados dos ensaios de determinação do CBR**

<b>MISTURA</b>	<b>CBR</b>	<b>EXPANSÃO (%)</b>
0% de RCMG	13	0
15% de RCMG	26	0
25% de RCMG	36	0
35% de RCMG	19	0,2

**Fonte:** Moura (2002) adaptado pelo autor

Após a homogeneização da mistura, Moura (2002), em seu estudo, realizou ensaios de compactação (Proctor Normal) em cada uma delas para determinar a umidade ótima, bem como, também realizou os ensaios no solo areno-siltoso, sem RCMG.

Com base nos resultados encontrados por Moura (2002), pode-se observar que todas as misturas com RCMG apresentaram maior suporte do que o solo areno-siltoso, sendo que a mistura de solo com 25% de RCMG foi a que apresentou o melhor desempenho, cujo CBR foi 36%, conforme indicado na Tabela 2, abaixo do limite mínimo para base de pavimentos flexíveis, especificado pelo Departamento Nacional de Estradas e Rodagens (DNER), que é de 60%. Entretanto, bastante superior ao limite mínimo especificado para sub-base que é de 20%. Do ponto de vista da expansão, todas as misturas estão dentro do limite especificado pelo DNER para base de pavimentação.

Devido às características de resistência das rochas graníticas, bem como seu elevado teor de finos, o resíduo de marmoraria proporciona elevação da resistência de solos, em especial, dos solos expansivos.

## 2.4. MARMORARIAS NO ESTADO DA PARAÍBA

É de amplo conhecimento o potencial poder gerador de resíduos da Construção Civil, onde esta deve ser responsabilizada por fornecer destinação adequada a seus resíduos, de modo que não possam prejudicar o meio ambiente.

Santiago (2011), realizou uma pesquisa sobre as condições ambientais das marmorarias no estado da Paraíba e pôde concluir que algumas alternativas para aproveitar o resíduo de marmorarias, são: produção de lajotas pré-moldadas, correção de acidez do solo, melhoria das características do solo, entre outras.

Há um forte crescimento populacional, que somada ao crescimento do desenvolvimento de novas tecnologias com a produção de novos produtos que ao passar do tempo são consumidos de forma exponencial, onde o consumo da matéria prima deve ser feito de maneira consciente ou racional, para que os desperdícios sejam evitados. Santiago (2011)

### 2.4.1. Principais aspectos ambientais

Santiago (2011), estudou 13 empresas de marmoraria no estado da Paraíba e pôde observar que em 76,92 % das marmorarias existe a presença de resíduos de poeira depositadas nas instalações e nos equipamentos, sendo o aspecto de maior risco ambiental apontado pelas empresas como resultado de suas atividades no beneficiamento das rochas ornamentais. O autor ainda constatou que apenas uma das 13 empresas estudadas não possuía nenhum problema com as questões ambientais, ressaltando em seu trabalho que as empresas de menor porte tinham certas dificuldades de adequações quanto à legislação ambiental, seja por falta de recursos ou desconhecimento de medidas eficazes.

Com objetivo de solucionar os problemas encontrados na pesquisa de Santiago (2011), ele sugere algumas medidas ambientais a serem tomadas, estas podem ser de caráter coletivo ou administrativo; as primeiras estão relacionadas com o local e o processo de trabalho, e as principais medidas são: modificação no processo de produção, máquinas e ferramentas, umidificação nas operações geradoras de poeira, o simples ato de varrer o resíduo; instalação de exaustores, isolamento ou enclausuramento de poeira e implantação de um programa de manutenção. Quanto às medidas ambientais de caráter administrativo, a umidificação pode reduzir a exposição dos trabalhadores à poeira, além disso, devido ao alto teor de sílica cristalina nas matérias primas, devem ser adotadas medidas adicionais integradas aos programas de saúde e segurança na empresa, conforme previsto na legislação.

## 2.5. ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS UTILIZANDO RESÍDUOS DE MÁRMORE

Başer (2009), em seu trabalho intitulado “Estabilização de solos expansivos utilizando poeira de mármore”, estudou a influência da poeira de mármore na estabilização de solos expansivos.

De maneira geral, os solos expansivos são aqueles sujeitos ao aumento de volume quando entra em contato com umidade. São altamente problemáticos para as estruturas de engenharia, pois tendem a elevar-se na estação chuvosa e retrair-se durante a estação seca. (Mishra et al. 2008)

Durante as últimas décadas, os danos causados pela ação do inchaço em solos foram observados claramente nas regiões semiáridas da Turquia sob a forma de rachaduras de pavimentos, estradas, fundações de edifícios, membros da laje em revestimentos de canais e reservatórios, sistemas de irrigação, linhas de água e linhas de esgoto (Çokça,2001).

Em contrapartida, a produção mundial de mármore e, conseqüentemente, de resíduos de mármore, tem aumentado muito nos últimos anos, como já foi explanado anteriormente.

Há uma vasta literatura a respeito da melhoria do solo pelo uso de aditivos, em sua maioria, com adição de cimento e cal, no entanto, ultimamente, de acordo com Başer (2009), muitos pesquisadores relatam o uso de aditivos que podem substituir o calcário como modificador do solo. Dentre eles, cinzas volantes, em estudos realizados por (Indraratna et al. 1991, 1995);(Çokça, 2001), casca de arroz por (Muntohar, 1999); (Muntohar e Hantoro 2000), pó de mármore por (Okagbue e Onyeobi, 1999) e cinza calcária por (Okagbue e Yakubu, 2000) (Citado em Okagbue, 2007).

Muitos pesquisadores (Oates, 1998; Tegethoff, 2001; Zorluer e Usta, 2003; Çelik e Sabah, 2007; Almeida et al., 2007) relataram que o mármore tem um teor muito elevado de calcário (CaO), de até 55% em peso, provocando melhoria nas características de estabilização do pó de calcário residual e do pó de mármore dolomítico residual. (Başer, 2009)

Başer (2009), estudou os efeitos da adição de resíduos de pó de calcário e resíduos de pó de mármore dolomítico nos limites de Atterberg, distribuição granulométrica, porcentagem de ondulação e taxa de inchamento de uma amostra de solo expansiva; bem como, investigou o efeito da cura na porcentagem de ondulação e taxa de inchaço de um solo expansivo estabilizado com poeira de calcário residual e poeira de mármore dolomítico residual. Assim, empregou os seguintes materiais: bentonita (expansiva), caulinita (menos expansiva), resíduos de calcário e pó de mármore dolomítico.

Como resultado dos ensaios realizados em seu estudo sobre a adição de pó de mármore na mistura de solos expansivos, Başer (2009) concluiu que provoca uma redução no limite de liquidez e aumenta o limite de plasticidade, fazendo o índice de plasticidade ser reduzido.

- A redução máxima do limite de liquidez foi de 33,4% para as amostras com adição de resíduos de calcário e de 30,3% para as adições de pó de mármore dolomítico. Já o limite de plasticidade apresentou aumento máximo de 21,5% para as amostras com adição de resíduos de calcário e de 23,3% para as amostras com adição de pó de mármore dolomítico;
- Como o índice de plasticidade é expresso como a diferença entre o limite de plasticidade e o limite de liquidez, uma vez que o limite de liquidez diminuiu e o limite de plasticidade aumentou, o índice de plasticidade diminuiu consideravelmente com a adição de estabilizadores aumentados. A redução máxima foi de 50,6% para amostras de pó adicionado de calcário e de 47,1% para amostras de pó de mármore dolomítico adicionadas.

Saygili (2015), em sua pesquisa “Uso de pó de mármore residual para estabilização de solo argiloso”, investigou a possibilidade de utilizar resíduos de pó de mármore na estabilização de solos problemáticos; para melhorar as propriedades do subleito e da sub-base, melhorar a trafegabilidade nos locais de construção e fornecer estabilidade de volume. A estabilização do solo usando aditivos é o método mais antigo e difundido de melhoria do solo.

A pesquisa foi dividida em duas seções, a primeira analisando os parâmetros de resistência ao cisalhamento e características de intumescimento, e a segunda, refere-se à investigação microestrutural. Para o desenvolvimento de sua pesquisa, Saygili (2015) utilizou as seguintes proporções de adição de pó de mármore: 0%, 5%, 10%, 20% e 30% em peso, conforme apresentado na Tabela 3. As propriedades físicas, mecânicas e químicas das amostras de solo (argila de caulinita e argila de bentonita) e pó de mármore foram investigadas.

Tabela 3: Proporções da mistura.

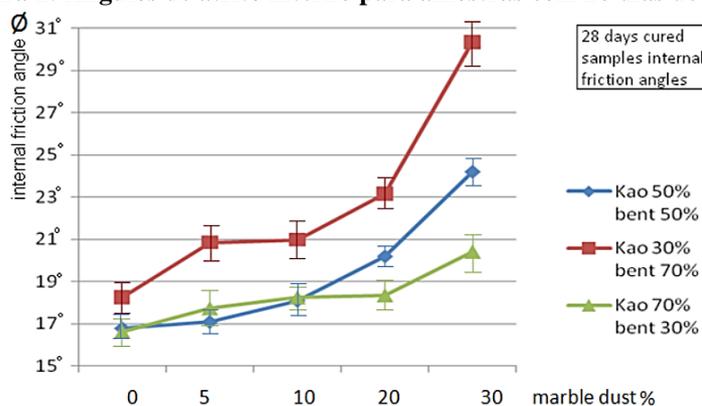
Composição Amostra	Caulinita	Bentonita	Pó de mármore
K3B7M0	30,00	70,00	0
K3B7M5	28,50	66,50	5
K3B7M10	27,00	63,00	10
K3B7M20	24,00	56,00	20
K3B7M30	21,00	49,00	30
K5B5M0	50,00	50,00	0
K5B5M5	47,50	47,50	5
K5B5M10	45,00	45,00	10
K5B5M20	40,00	40,00	20
K5B5M30	35,00	35,00	30
K7B3M0	70,00	30,00	0
K7B3M5	66,50	28,50	5
K7B3M10	63,00	27,00	10
K7B3M20	56,00	24,00	20
K7B3M30	49,00	21,00	30

Fonte: Saygili (2015) adaptado pelo autor

Saygili (2015) observou que a adição de pó de mármore reduziu o teor de argila e aumentou a porcentagem de partículas mais grosseiras. Resíduos de pó de mármore adicionados aos espécimes de argila atuaram também como material de preenchimento, porém o aumento de desempenho alcançado é muito maior do que a quantidade adicionada por causa das reações pozolânicas.

A Figura 2 abaixo, indica os teores de pó de mármore *versus* ângulo de atrito interno da mistura final para amostras com 28 dias de cura, o comportamento observado nos permite afirmar que o aumento de adição de pó de mármore, proporciona uma elevação no valor do ângulo de atrito interno do solo.

Figura 2: Ângulos de atrito interno para amostras com 28 dias de cura.



Fonte: Saygili (2015)

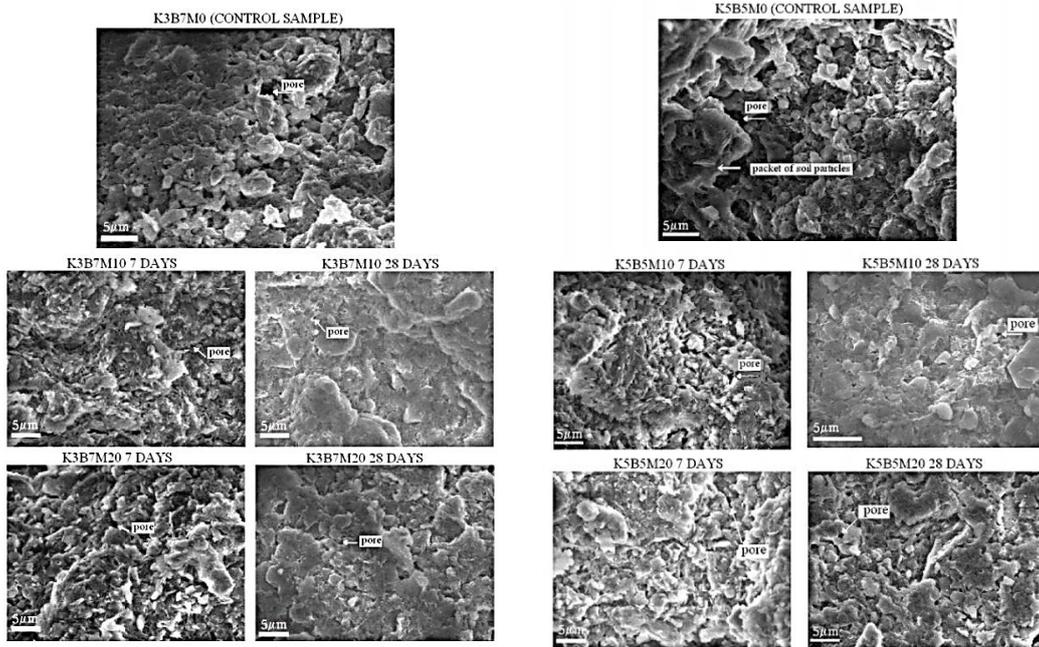
A adição de poeira de mármore nos estudos de Saygili (2015), provocou um aumento nos valores de resistência à compressão das amostras de argila, bem como diminuiu o potencial

de inchamento dos espécimes de argila testados. Dentro dos testes físicos conduzidos no estudo, a adição de pó de mármore residual mostrou desempenho superior em solos problemáticos com a ajuda da reação de troca de cátions. O excesso de íons  $Ca^{2+}$  fornecidos pela adição de poeira de mármore residual à matriz, substituiu os cátions de outros elementos presentes no solo.

Como pode ser observado nas Figuras 3 a 5, com o aumento do tempo de cura e a porcentagem de pó de mármore, os vazios são preenchidos com minerais cimentícios recém compostos com reações pozolânicas com a ajuda de alto teor de cálcio no pó de mármore. A partir de imagens pode-se observar que o aumento de desempenho obtido é maior do que a quantidade adicional de porcentagem de pó de mármore residual, que mostra um comportamento não plástico. Portanto, um desempenho melhorado das argilas estabilizadas devido às reações pozolânicas e à nova formação mineral cimentícia é significativo.

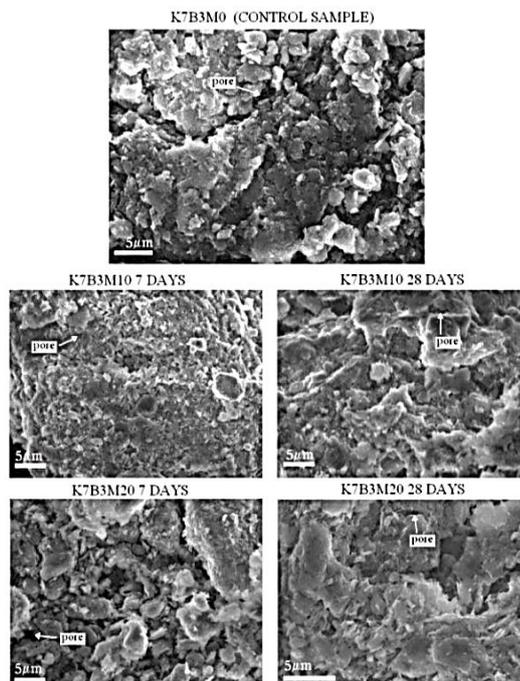
As propriedades geotécnicas das amostras de argila mudaram após o tratamento com pó de mármore. As amostras de argila tratada diminuíram suas propriedades coesivas e se comportaram como um material granular após a cura: as porcentagens de inchamento diminuíram, enquanto os parâmetros de resistência ao cisalhamento aumentaram.

Os parâmetros de engenharia das amostras de argila com níveis de atividade variados são melhorados substancialmente pela adição de pó de mármore residual. Amostras de alta plasticidade (K3B7) apresentaram melhor desempenho nos testes de cisalhamento direto e intumescimento, e as amostras de baixa plasticidade (K7B3) apresentaram melhor desempenho nos testes de resistência à compressão não confinada.



**Figura 3:** Controle com 7 e 28 dias de cura, com 30% de caulinita e 70% de bentonita (teores de mármore de 0,10, 20%). **Fonte:** Saygili (2015)

**Figura 4:** Controle com 7 e 28 dias de cura, com 50% de caulinita e 50% de bentonita. **Fonte:** Saygili (2015)



**Figura 5:** Controle, 7 e 28 dias de cura com 70% caulinita e 30% bentonita. **Fonte:** Saygili (2015)

Bhavsar (2014), estudou o “Impacto do pó de mármore nas propriedades de engenharia do solo de algodão preto”, avaliou as propriedades do solo com a adição do pó de mármore. O solo de algodão preto estudado no seu trabalho, é um solo expansivo regional da Índia, assim chamado devido à sua coloração e sua adequação para o cultivo de algodão.

Um dos desafios enfrentados pelos engenheiros civis é o projeto de fundação para locais com solos expansivos. O método mais econômico e eficaz para a estabilização de solos expansivos é o uso de misturas que apresentam alteração no volume. (Bhavsar, 2014)

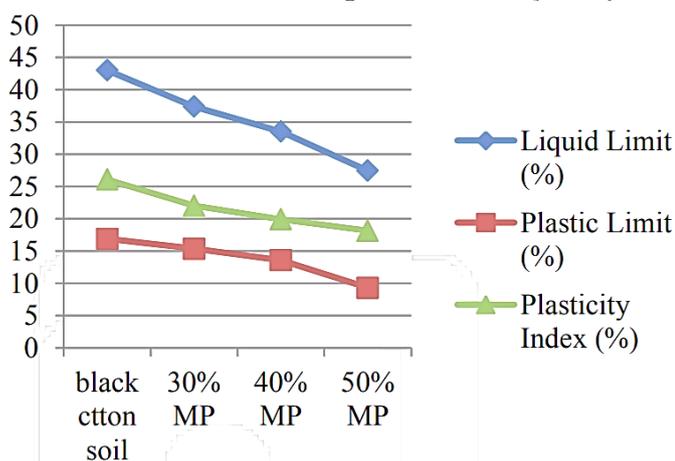
O solo de algodão preto contém alta porcentagem de montmorilonita, o que confere alto grau de expansividade. Esses resultados indicam que rachaduras podem ocorrer no solo sem qualquer aviso. O comportamento do solo de algodão preto é incerto quando submetido a variações de umidade. As propriedades de resistência desses solos mudam de acordo com a quantidade de água contida nos vazios dos solos.

Bhavsar (2014) relata que o desenvolvimento de infraestruturas em áreas onde os solos problemáticos são identificados tem sido uma grande preocupação para o engenheiro. Como tal, infraestruturas como estradas, edifícios, pontes, para mencionar apenas algumas dentro dessas áreas, normalmente sofrem problemas de fundação, que levam a uma redução no tempo de vida de tais instalações.

É importante remover o solo existente e substituí-lo por um solo não expansivo ou melhorar as propriedades de engenharia do solo existente por estabilização. Substituir o solo existente pode não ser uma opção viável, portanto, a melhor abordagem disponível é estabilizar o solo com estabilizadores adequados.

Por fim, Bhavsar (2014) concluiu que com a substituição de parte do solo de algodão preto pelo pó de mármore, os valores dos limites de Atterberg diminuem com o aumento do conteúdo de estabilização, evidenciado na Figura 6. Bem como, o aumento da quantidade de pó de mármore por peso percentual do algodão preto, a densidade seca do solo está aumentando e o teor ótimo de umidade está diminuindo. Assim, o impacto do pó de mármore no solo de algodão preto é positivo.

**Figura 6:** Gráfico de limite de Atterberg *versus* substituição de pó de mármore.



Fonte: Bhavsar (2014)

Yousef (2015), em seu trabalho intitulado “Melhoria do solo por resíduos de lama de pedra de mármore”, comenta que o objetivo da pesquisa foi investigar a melhoria química do solo argiloso por diferentes adições de resíduos de mármore variando de 5 a 20% em amostras com aditivos de silicato de sódio, 5-30% como estabilizadores de solo.

Para que a melhoria de solo com adição de resíduos de mármore fosse comprovada, Yousef (2015), realizou ensaios de granulometria, limites de Atterberg, Proctor e CBR. A partir da análise granulométrica, a amostra foi classificada de acordo com a AASTHO como A-2-7 (solo granular com finos de alta plasticidade) e de acordo com o Sistema de Classificação Unificada do Solo como SC (areia argilosa).

As reações com calcário e solo podem ser agrupadas, de maneira geral, em inicial e em longo prazo, as reações iniciais envolvem troca de cátions substituindo o íon  $Na^+$  ou  $K^+$  na argila pelo íon  $Ca^{2+}$  da cal. Através desta substituição de íons, a dupla camada de água ao redor da partícula de argila irá diminuir em espessura, resultando em uma mudança significativa nas características de plasticidade do solo. (Yousef, 2015)

Yousef (2015), explica que reações de longo prazo envolvem interações entre o cálcio livre de  $Ca(OH)_2$  e as partículas do solo. Essas interações são referidas como pozolânicas, pois envolvem pozolanas, a alumina e a sílica disponibilizadas do solo pela solução de pH alto de água. O ganho de força associado à formação de reações pozolânicas é acelerado pelo calor, uma vantagem quando se utiliza a estabilização da cal em climas quentes.

Ao fim de sua pesquisa, Yousef (2015) verificou que as adições de 5% de resíduos de calcário por peso diminuem o índice de plasticidade para 12,83 % e 5% em peso de silicato de sódio diminuem o índice de plasticidade para 9,51 %, enquanto os aditivos de 20% de calcário aumentam a densidade seca máxima para 1,65 e CBR a 84%, e 30% de silicato de sódio melhoram tanto a densidade seca máxima para 1,67 como o CBR para 85%. As adições de mais de 5% de resíduos de calcário e mais de 10% de silicato de sódio aumentaram o índice de plasticidade.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. TIPO DE ESTUDO**

O trabalho foi orientado por meio de uma pesquisa bibliográfica, que de acordo com Gil (2008, p50), “é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos.”

### **1ª Etapa – Fontes**

A seguir estão descritas as fontes que forneceram as respostas adequadas à solução do problema proposto:

a) Foram utilizados livros técnicos que abordaram a temática, em idioma português, disponíveis na biblioteca da UEPB – Campus VIII;

b) Artigos científicos sobre a temática foram acessados nas bases de dados Scielo e ResearchGate, publicados nos últimos 25 anos (1993 a 2018). Foram utilizados 20 artigos, dentre estes, 11 nacionais e 9 internacionais, disponíveis online em texto completo. Os seguintes descritores foram aplicados: resíduo de marmoraria, resíduos na engenharia, engenharia geotécnica, uso de resíduos no solo, reforço de solo, mecânica dos solos, geotecnia. Em inglês, *waste management, engineering waste, geotechnical engineering, land use, soil reinforcement, soil mechanics*.

Para a seleção de fontes, foi utilizado como critério de inclusão, as bibliografias que abordassem o uso de resíduos na engenharia, dentro da temática da Geotecnia. Deste modo, foram excluídas aquelas bibliografias que não atenderam à temática do trabalho.

### **2ª Etapa – Coleta de Dados**

A coleta de dados foi feita da seguinte forma:

a) Leitura exploratória de todo o material selecionado (leitura rápida e objetiva, com finalidade de verificar se a obra consultada é relevante para o trabalho);

b) Leitura seletiva (leitura mais aprofundada das partes relevantes);

c) Registro das informações extraídas das fontes.

### **3ª Etapa – Análise e Interpretação dos Resultados**

Nesta etapa foi realizada uma leitura analítica com a finalidade de ordenar e resumir as informações contidas nas fontes, de forma que possibilitassem a obtenção de respostas à pesquisa.

## **4. CONCLUSÕES**

Sendo o mármore uma rocha altamente empregada na construção civil, os resíduos de seu beneficiamento tendem a seguir o padrão de produção, por representar grande volume e alto potencial poluente ao meio, torna-se um problema.

Os resultados obtidos pelos autores aqui reportados mostraram que a adição de pó de mármore às amostras de argila reduzem o custo de construção de estruturas em solos problemáticos, contribuindo para a economia e conservação de recursos.

Todos os estudos abordados na revisão obtiveram vantagens na utilização do resíduo de marmoraria como material de melhoria das propriedades do solo, seja no âmbito econômico ou de aumento de resistência.

Apesar de o material oriundo de RCMG não ser adequado para se utilizar individualmente, seu uso, mesmo que em mistura com solo, devido às características de resistência das rochas graníticas, bem como seu elevado teor de finos, o resíduo de marmoraria proporciona elevação da resistência mecânica de solos, em especial, dos solos expansivos.

Başer (2009), mostrou que a adição de pó de mármore à argila expansiva, reduziu o limite de liquidez e aumentou o limite de plasticidade, fazendo o índice de plasticidade ser reduzido.

Yousef (2015) obteve resultados semelhantes a Moura (2002) quanto às melhorias das propriedades mecânicas. Uma adição de apenas 5% de calcário já é capaz de reduzir o índice de plasticidade em 33%, assim como a densidade seca máxima e o CBR sofrem aumentos significativos com a adição de resíduos de mármore.

Assim como Başer (2009), Bhavsar (2014) estudou a interferência da adição de pó de mármore nos limites de Atterberg e, obteve resultados satisfatórios e bastante aproximados aos demais pesquisadores citados neste trabalho.

A descoberta de novas áreas de utilização para resíduos de pó de mármore (subproduto) diminuirá a poluição ambiental e, ao utilizar esses resíduos em solos problemáticos, terá grande contribuição para a economia e conservação de recursos. Além disso, o uso de resíduos de pó de mármore na melhoria dos solos problemáticos (especialmente inchamento) será um método alternativo e econômico em zonas argilosas altamente ativas.

## **ABSTRACT**

Nowadays, the final destination of waste represents one of the major problems faced in the modern world, population growth leads to increased production of goods, consumption of raw materials and, consequently, waste. Marble scrap is a byproduct of the processing of marble, and consists mainly of rock chips, broken sheet and sludge, which in turn consists of water, rock dust and abrasive material. So-called problematic soils are those that are expandable or collapsible, are so named because they pose a problem to foundation engineering, problem soils undergo changes in their behavior with the presence of moisture. The objective of this study was to show the possibility of applying marbled residues as a material to improve soil engineering properties, based on bibliographic references. For the selection of sources, the

bibliographies that addressed the use of waste in engineering, within the Geotechnics theme, were used as inclusion criterion. Taking into account the environmental risk of the waste and its characteristics, the recycling process must be carried out, so that the new products meet the expectations of the consumer. All the studies discussed in the review showed advantages in the use of the marble flooring as a material to improve soil properties, either in the economic sphere or in the increase of mechanical resistance. The results showed that the addition of marble powder to the clay samples reduced the cost of building structures in problematic soils, and the discovery of new areas of use for marble dust residues will reduce environmental pollution.

**Keywords:** Marble powder. Mud. Geotechnics.

## 5. REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 10.004: (2004a). **Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 71 p.

ABNT. NBR 10.006: (2004b) **Procedimento para a obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 3 p.

ALMEIDA N., Branco, F., Santos, J.R., **Recycling of Stone Slurry in Industrial Activities: Application to Concrete Mixtures, Building and Environment**, Vol. 42, pp. 810–819, 2007.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 698-12, **Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort**, 2012.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D6528 - 17, **Standard Test Method for Consolidated Undrained Direct Simple Shear Testing of Fine Grain Soils**, 2017.

BAŞER, Onur. **STABILIZATION OF EXPANSIVE SOILS USING WASTE MARBLE DUST**. 2009. 102 f. Tese (Doutorado) - Curso de Master Of Science In Civil Engineering, Department Of Civil Engineering, The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University, Ankara, Turquia, 2009. Disponível em: <<https://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12610339/index.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

BHAVSAR, Sachin N. et al. Impact of Marble Powder on Engineering Properties of Black Cotton Soil. **Ijsrd - International Journal For Scientific Research & Development**]. [s.i], p. 136-139. fev. 2014. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/269463821\\_Impact\\_of\\_Marble\\_Powder\\_on\\_Engineering\\_Properties\\_of\\_Black\\_Cotton\\_Soil](https://www.researchgate.net/publication/269463821_Impact_of_Marble_Powder_on_Engineering_Properties_of_Black_Cotton_Soil)>. Acesso em: 11 abr. 2010.

ÇELİK, M.Y., Sabah, E., **Geological and Technical Characterization of İscehisar (Afyon-Turkey) Marble Deposits and the Impact of Marble Waste on Environmental Pollution**, Journal of Environmental Management, Vol. 87, No.1, pp. 106-116, 2008

ÇOKÇA, E., **Use of Class C Fly Ashes for the Stabilization of an Expansive Soil**, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 127, No.7, pp. 568-573, 2001.

FRASCÁ, M.H.B.O. **Estudos experimentais de alteração acelerada em rochas graníticas para revestimento.** 2003. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia. São Paulo.

FRASCÁ, M.H.B.O. **Estudo para o aproveitamento de resíduos pétreos de marmorarias, como agregados para concreto de cimento Portland.** *Exacta*, São Paulo, v. 1, n. 6, p.83-92, jan. 2008. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/810/81011705010/>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6º ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOBBO, L. A.; MELLO, I. S. C.; QUEIRÓZ, F. C.; FRASCÁ, M. H. B. O. **Aproveitamento de resíduos industriais. A cadeia produtiva de rochas ornamentais e para revestimento no Estado de São Paulo: diretrizes e ações para inovação e competitividade.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2004, p.129-152.

INDRARATNA, B.; Balasubramaniam, A. S.; and Ratnayake, P.: **Performance of embankment stabilized with vertical drains on soft clay.** 1994 *Journal of Geotechnical Engineering*, vol. 120, n.2, p.257-273 fev. 1994. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/30384838\\_Performance\\_of\\_Embankment\\_Stabilized\\_with\\_Vertical\\_Drains\\_on\\_Soft\\_Clay](https://www.researchgate.net/publication/30384838_Performance_of_Embankment_Stabilized_with_Vertical_Drains_on_Soft_Clay)>. Acesso em: 12 abr. 2018.

LAGES, Maria Conceição Soares Meneses; BORGES, Jóina Freitas; ROCHA JÚNIOR, Simplicio. **Sítios de Registros Ruprestres : Monitoramento e Conservação.** *Mneme*, Caicó - Rn, v. 6, n. 13, p.28-51, dez. 2004. Semestral. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/mneme/article/viewFile/269/245>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

MARINI, O.J. (ed.) -1997- **Caracterização de Minérios e Rejeitos de Depósitos Minerais Brasileiros. Estudos texturais, química mineral e varredura química.** DNPM/DIREX/PADCT/GTM, Brasília (DF), Resumos Expandidos..., 143 p., il.

MELLO, Roberta Monteiro de. **UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO PROVENIENTE DO ACABAMENTO E MANUFATURA DE MÁRMORES E GRANITOS COMO MATÉRIA-PRIMA EM CERÂMICA VERMELHA.** 2006. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências na área de Tecnologia Nuclear – Aplicações Materiais, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <[http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/39/088/39088881.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/39/088/39088881.pdf)>. Acesso em: 11 abr. 2018.

MISHRA, A.K., Dhawan S., Rao, S.M., **Analysis of Swelling and Shrinkage Behavior of Compacted Clays**, *Geotechnical and Geological Engineering*, Vol. 26, No. 3, pp. 289-298, 2008

MOURA, Washington Almeida; GONÇALVES, Jardel Pereira. **APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS FINOS DAS SERRARIAS DE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA/RJ .** In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, IX., 2002, Foz do Iguaçu - PR. **UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS (MÁRMORES E GRANITOS) NA CONSTRUÇÃO CIVIL..** Foz do Iguaçu - PR: [s.n.], 2002. p. 1653-1660. Disponível em:

<[http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002\\_1653\\_1660.pdf](http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002_1653_1660.pdf)>. Acesso em: 11 abr. 2018.

MUNTOHAR, A. S., and Hantoro, **Influence of rice husk ash and lime on engineering properties of clayey subgrade**, *Electronical Journal of Geotechnical Engineering*, 2000.

OATES, J. A. H., **Lime and Limestone**, Wiley-VCH, Weinheim, 1998.

OKAGBUE, C. O., and Onyeobi, T. U. S., **Potentials of marble dust to stabilize red tropical soils for road construction**, *Engineering Geology*, 53, pp. 371-380, 1999.

OKAGBUE, C. O., and Yakubu, J. A., **Limestone ash waste as a substitute for lime in soil improvement for engineering construction**, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, Vol. 58, No.2, 107-113, 2000.

OLIVEIRA, Liliane Souza de. **REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE MARMORARIA EM COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS**. 2015. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Engenharia Mecânica, Universidade Federal de São João Del-rei, São João Del-Rei, 2015. Disponível em: <[https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppmec/Liliane Souza de Oliveira\(1\).pdf](https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppmec/Liliane%20Souza%20de%20Oliveira(1).pdf)>. Acesso em: 11 abr. 2018.

SANTIAGO, Alyson Silvestre et al. **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS MARMORARIAS DO ESTADO DA PARAÍBA**. 2011. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXI., 2011, Belo Horizonte - MG. **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS MARMORARIAS DO ESTADO DA PARAÍBA ...** Belo Horizonte - MG: [s.n.], 2011. p. 1-11. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011\\_TN\\_STP\\_143\\_904\\_18050.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STP_143_904_18050.pdf)>. Acesso em: 11 abr. 2018.

SAYGILI, Altuğ. **Use of Waste Marble Dust for Stabilization of Clayey Soil**. *Materials Science (medŽiagotyra)*. Turquia, p. 601-606. jul. 2015. Disponível em: <<http://matsc.ktu.lt/index.php/MatSc/article/view/11966/7233>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

SILVA, S. C. **Caracterização do resíduo de serragem de blocos de granito. Estudo do potencial de aplicação na fabricação de argamassas de assentamento e de tijolos de solocimento**. 1998. Tese (Mestrado): Universidade Federal do Espírito Santo.

TEGETHOFF, F. W., **Calcium Carbonate: From the Cretaceous Period into the 21st Century**, Birkhauser, Switzerland, 2001.

VILLASCHI, A. F. & SABADINI, M. S. (2000) – **Arranjo Produtivo de Rochas Ornamentais (mármore e granito) no estado do Espírito Santo** - BNDES/FINEP/FUJB, Nota Técnica 15, IE/UFRJ, Rio de Janeiro.

YOUSEF, Nafi Abdel Rahman; AHMAD, Omar Asad. **Soil Improvement by Marble Stone Slurry Wastes**. *Electronic Journal Of Geotechnical Engineering*. [s.i], p. 2221-2233. jan. 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/283153542\\_Soil\\_Improvement\\_by\\_Marble\\_Stone\\_Slurry\\_Wastes](https://www.researchgate.net/publication/283153542_Soil_Improvement_by_Marble_Stone_Slurry_Wastes)>. Acesso em: 11 abr. 2018.