



FAPAC – FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS PORTO LTDA
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL

ALDO JÚNIOR MARTINS COELHO

**INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS PROVENIENTES DE MÁRMORE E
GRANITO EM MATERIAIS CERÂMICOS**

PORTO NACIONAL – TO

2018

ALDO JÚNIOR MARTINS COELHO

**INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS PROVENIENTES DE MÁRMORE E
GRANITO EM MATERIAIS CERÂMICOS**

Projeto de pesquisa apresentado ao curso de Engenharia Civil do Instituto Presidente Antônio Carlos Porto LTDA., como requisito parcial para obtenção do título em Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Me. Diogo Pedreira Lima

PORTO NACIONAL - TO

2018

ALDO JÚNIOR MARTINS COELHO

**INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS PROVENIENTES DE MÁRMORE E
GRANITO EM MATERIAIS CERÂMICOS**

Projeto apresentado ao curso de Engenharia Civil do Instituto Presidente Antônio Carlos Porto LTDA., como requisito parcial para obtenção do título em Bacharel em Engenharia Civil.

Apresentado e aprovado em ____/____/____ pela Banca Examinadora
constituída pelos professores:

Professor Me. Diogo Pedreira Lima

Inst. Presidente Antônio Carlos Porto - Orientador

Professora Me. Lêdo Ivo José de Almeida

Inst. Presidente Antônio Carlos Porto - Membro da Banca

Professor Me. Flávio Vieira da Silva Junior

Inst. Presidente Antônio Carlos Porto – Membro da Banca

DEDICATÓRIA

À Deus, aos meus pais, à minha irmã, amigos e a toda minha família que sempre estiveram ao meu lado dando carinho e total apoio, mostrando-se todos os motivos para buscar ser alguém melhor na vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me proporcionar saúde e forças para superar quaisquer dificuldades que poderia vir a enfrentar.

Agradeço ao meu orientador Prof. Me Diogo Pedreira Lima que teve total dedicação ao desenvolvimento do projeto, se disponibilizando do pouco tempo que lhe era permitido.

Aos meus pais Aldo Rodrigues Coelho e Maria Vanderleia Martins Fonseca Coelho que estão sempre ao meu lado mim dando força e não mim deixando desistir.

A minha irmã Samara Martins Coelho, por mim da expiração a sempre está tentando alcançar seu nível Intelectual.

Aos meus avós por sempre está mim ajudando em todos os sentidos a mim tornar uma pessoa melhor.

Aos meus tios e primos e amigos que sempre acreditarão no meu potencial e mim deram incentivos e confiança para estar aqui hoje.

Agradeço a marmoraria porto por mim fornecer as lascas de granito e mármore para realização do trabalho.

“Porque sou eu que conheço os planos que tenho para vocês”, diz o Senhor, “planos de fazê-los prosperar e não de causar dano, planos de dar a vocês esperança e um futuro. ”

Jeremias (29:11)

RESUMO

Os resíduos produzidos durante o beneficiamento de rochas ornamentais, gera um grande problema, visto que este não tem um lugar adequado para ser descartado. O descarte está sendo diretamente no solo, rios córregos e lagos. Deste modo o trabalho busca analisar a adição de resíduos de mármore e granito como agregado mineral na produção de cerâmica vermelha, onde o objetivo é analisar as características visuais, propriedades físicas de absorção de água, carga de ruptura a flexão e a quantidade ideal de resíduos que pode ser adicionado a massa cerâmica. Esta pesquisa é desenvolvida com intuito experimental, onde será realizado os ensaios de caracterização física, retração linear de queima, análise visual, absorção de água, porosidade aparente, tensão de ruptura à flexão. A preparação da massa cerâmica argilosa terá três composições diferentes uma com incorporação de resíduo de mármore outra com resíduo de granito e uma com ambos os resíduos, será preparado uma amostra com 0% de resíduo para servir de base e 10 amostras de cada composição com os seguintes percentuais: 5%, 10%,15% e 20% de resíduos de mármore e/ou granito. Os corpos de prova serão conformados com dimensões de 300mm x 40mm x 10mm. Com este trabalho espera-se fornecer um meio de diminuir os resíduos depositados em lugares impróprios. Além de acarretar em uma menor quantidade de argilas retiradas para produção de produtos cerâmicos (telha e tijolos).

Palavras-chave: Resíduo de mármore e Granito. Cerâmica vermelha. Reuso. Matéria prima.

ABSTRACT

The waste produced during the processing of ornamental stones, presents a big problem, since this does not have a suitable place to be discarded. The disposal is being directly in the soil, rivers streams and lakes. In this way, the work aims to analyze the addition of marble and granite residues as a mineral aggregate in the production of red ceramics, where the objective is to analyze the visual characteristics, physical properties of water absorption, flexural load and ideal amount of residues which can be added to the ceramic mass. This research is developed with experimental purpose, where the physical characterization, linear retraction, visual analysis, water absorption, apparent porosity and flexural stresses will be carried out. The preparation of the clay ceramic mass will have three different compositions one with incorporation of another marble residue with granite residue and one with both residues, a 0% residue sample will be prepared as a base and 10 samples of each composition with the following percentages: 5%, 10%, 15% and 20% of marbles and / or granite residues. The specimens will be shaped with dimensions of 300mm x 40mm x 10mm. With this work it is hoped to provide a means of reducing waste deposited in inappropriate places. In addition to entailing in a smaller quantity of clay removed for the production of ceramic products (tile and bricks).

Keywords: Marble and Granite residue. Red ceramics. Reuse. Raw material.

LISTA DE FIGURA

Figura 1: Blocos e telhas cerâmicos	19
Figura 2A: caixa alimentador	24
Figura 2B: misturador	24
Figura 3: Secagem natural	25
Figura 4: Secagem Artificial	Erro! Indicador não definido.
Figura 5: Extração de rochas ornamentais no Brasil.	28
Figura 6: Classificação de resíduos sólidos segundo a NBR 10004 (ABNT, 2004) ..	31
Figura 7: Esquema de geração de resíduos na indústria de rochas ornamentais	32
Figura 8: apresenta o processo de extração de pedra, denominada de lava.....	33
Figura 9A: Cerâmica Santo expedito.....	37
Figura 9B: Mármore Porto.....	37
Figura 10: Aparelho de Casa Grande.....	39
Figura 11: Cilindro.....	40

LISTA DE TABELAS

Quadro 1: Matéria-Prima utilizada e características do processo de fabricação da indústria cerâmica vermelha	20
Quadro 2: Tipos de telhas e cargas de ruptura.....	22
Quadro 3: Absorção e resistência mínima.....	23
Quadro 4: Cronograma do projeto de pesquisa.....	46

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
P	Processo ou Composição Principal
O	Processo ou Composição Ocasional
NBR	Norma Brasileira
BPF	Baixo ponto de fluidez
°C	Graus Celsius
AA	Absorção de Água
KGF	Quilograma-Força
FB	Resistencia Característica Mínima do Bloco
EST	Uso Estrutural
LL	Limite de Liquidez
LP	Limite de Plasticidade
IP	Índice de Plasticidade
δ	massa específica dos grãos do material, em g/cm ³
M1	massa do material úmido
M2	massa do picnômetro+ matéria prima + água, na temperatura T de ensaio
M3	massa do picnômetro cheio de água até a marca de referência.
h	umidade inicial da amostra
δT	massa específica da água, na temperatura T de ensaio, obtida a partir de tabela de referência.
RLS-	Retração Linear de Secagem
RLQ	Retração Linear de Queima
Ci	Comprimento Medido Após Extrusão (inicial) em (mm)
Cs	Comprimento Medido Após Secagem em (mm)
Cs	Comprimento Medido Após a Secagem a 110 °C em (mm)
Cq	Comprimento Medido Após a Queima em (mm)
PA	Porosidade Aparente
AA	Absorção de Água em (%)
Mu	Massa do Corpo-de-Prova Úmido em (g)

Ms	Massa do Corpo-de-Prova Seco em (g)
Mi	Massa do Corpo-de-Prova Imerso em (g)
RF	Resistência à Flexão em (MPa)
P	Carga Máxima Atingida no Momento da Ruptura em (N)
L	Distância entre os Apoios do Corpo-de-Prova em (mm)
B	Largura do Corpo-de-Prova em (mm)
H	Espessura do Corpo-de-Prova em (mm)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVO GERAL	17
2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1 ARGILAS	18
3.1.1 Argilas Residuais	18
3.1.2 Argilas Transportadas	18
3.2 CERÂMICA VERMELHA	18
3.2.1 Matéria-prima das cerâmicas	20
3.2.2 Fabricação de peças cerâmicas	21
3.2.3 Dosagem das Matérias-Primas	23
3.2.4 Preparação da Massa	23
3.2.5 Secagem	24
3.2.6 Queima	26
3.3 ROCHAS	27
3.3.1 Rochas ornamentais	27
3.3.2 Mármore e o granito em relação ao meio ambiente	30
3.4 RESÍDUO SÓLIDO	31
3.5 UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO PROVENIENTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM CERÂMICA VERMELHA	32
4 METODOLOGIA	36
4.1 TIPO DE PESQUISA	36
4.2 LOCAL DE PESQUISA	36
4.3 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS	36
4.3.1 Caracterização Física	37

4.4 PREPARAÇÃO DA MASSA.....	42
4.5 RETRAÇÃO LINEAR DE QUEIMA	42
4.6 ANALISE VISUAL	43
4.7 Absorção de água e porosidade aparente	44
4.8 TENSÃO DE RUPTURA À FLEXÃO	45
5 CRONOGRAMA	46
6 RESULTADO ESPERADO.....	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 INTRODUÇÃO

O crescimento no setor de extração de rochas ornamentais vem causando um grande impacto ambiental. O grande problema é que o resíduo produzido no beneficiamento dessas rochas não tem um destino adequado, o que acaba sendo descartados diretamente no solo, rios, córregos e lagos. Este problema está levando as indústrias a buscarem soluções alternativas visando minimizar o impacto causado ao meio ambiente.

Uma alternativa para reciclagem dos resíduos gerados no beneficiamento de rochas ornamentais (mármore e granito) é a incorporação como agregado mineral para a matéria-prima na produção de cerâmica vermelha, visando diminuir o impacto ambiental e melhorar a qualidade do produto fornecido além de acarretar em uma menor extração de argila (principal matéria prima da cerâmica vermelha).

Deste modo, este trabalho visa demonstrar a possibilidade de utilização desse resíduo como matéria prima em materiais cerâmicos. Onde o objetivo é analisar as propriedades dessa aplicação, de uma forma mais detalhada comparar as características físicas, visuais, absorção de água e carga de ruptura à flexão.

2 OBJETIVO GERAL

Analisar as propriedades da aplicação de resíduos proveniente do acabamento de Mármore e/ou granito como agregado mineral para a matéria-prima na produção de cerâmica vermelha.

2.1 OBJETIVO ESPECIFICO

- Identificar a quantidade ideal de resíduos de mármore e/ou granito que pode ser adicionado como um agregado mineral na fabricação de cerâmica vermelha.
- Comparar as características físicas e verificar as alterações após a adição do mármore e/ou granito quanto às características visuais, absorção de água e carga de ruptura à flexão.
- Realizar um comparativo entre resíduos de mármore e/ou granito e verificar qual terá a melhor aplicabilidade.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ARGILAS

A argila é um material natural de granulometria fina formada por argilo-minerais, principalmente de silicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio entre outros. As argilas apresentam matéria orgânica, sais solúveis, partículas de quartzo, mica muscovita, pirita, calcita, dolomita e outros materiais residuais e adquire uma forma plástica quando entra em contato com a água (SANTOS, 1992).

As argilas são especificadas de acordo a sua formação e divididas em dois grupos: Argilas Residuais e Argilas Transportadas. Ciente de que os processos geológicos serem complexos, podem existir sobreposição de argila em áreas próximas (ALEXANDRE, 2000).

3.1.1 Argilas Residuais

Segundo Santos (1989), argilas residuais são as que permanecem no mesmo local em que se formaram devido as condições propícias de intemperismo, topografia e natureza da rocha matriz.

3.1.2 Argilas Transportadas

Argila transportada também conhecida como argila secundaria é aquela em que sofreu transposição do local de sua formação. O deslocamento da mesma, pode ser ocasionado por águas, geleiras ou mesmo pelo vento. Seu destino final pode ser em rios de baixa correnteza, lagos e pântanos, mares, ou morenas termais ou frontais (SANTOS, 1989).

3.2 CERÂMICA VERMELHA

A cerâmica vermelha é um produto que tem como sua caracterização a cor avermelhada como tijolos, blocos, telhas, tubos, lajes para forro, lajotas, vasos

ornamentais, agregados leves de argila expandida e outros (Fig.1). Na fabricação de cerâmica vermelha a principal matéria-prima utilizada é basicamente a argila onde se encontra uma boa composição de plasticidade e fusibilidade que facilita seu manuseio e alcança uma boa resistência mecânica durante sua queima (KAWAGUTI, 2004).

Figura 1: Blocos e telhas cerâmicos



Fonte: Tudo Engenharia Civil, (2014)

De acordo Bauer (2000), cerâmica é uma pedra artificial obtida pela secagem ou moldagem de argila em alguns casos específicos pode se usar outros materiais, contudo a matéria prima se mantém.

Conforme Teixeira (2006), no Brasil, as fábricas de cerâmica apresentam um crescimento de maneira muito rápida, conduzindo o Brasil ao terceiro maior produtor de material cerâmico do mundo. Isso se deve a grande quantidade de matéria-prima natural, diante disto a cerâmica vermelha se mantém entre um dos nove segmentos no seu setor industrial.

Sebrae (2015), afirma que, a cerâmica vermelha abrange vários materiais que normalmente são utilizados na construção civil, como blocos, tijolos maciços, telhas, tubos para saneamento, elementos de encimentos (laje), green wall, elementos vazados e também argila expandida. Além disso, está presente em utensílios do uso doméstico, como panelas de barro e filtros. Possui a terminologia “vermelha” por causa da presença de composições ferrosos que tem coloração avermelhada.

Na arquitetura a cerâmica vermelha vem mostrando seu valor estético e abrangendo grande área de aplicação em residências populares ou em edifícios

comerciais expondo sua versatilidade e adequação em vários estilos arquitetônicos. Um grande ponto positivo é a sua capacidade de combinação em outros tipos de materiais na área da construção civil (GRIGOLETTI, 2001).

3.2.1 Matéria-prima das cerâmicas

Segundo Van Vlack (1973), produtos cerâmicos são fabricados a partir de matérias primas provenientes da natureza, em que uns podem ser utilizados de forma natural e outras beneficiadas e processadas.

A matéria-prima utilizada na composição de massa para fabricação de cerâmica vermelha poderá ser agrupada em dois grupos: matérias-primas plásticas e não- plásticas. apesar de que ambas possuem funções no decorrer de todo o processo produtivo, as plásticas são fundamentais na fase de conformação, em contrapartida as não plásticas atuam basicamente durante o processamento térmico (MOTTA; 2001).

Quadro 1: Matéria-Prima utilizada e características do processo de fabricação da indústria cerâmica vermelha

SETOR	PRODUTOS	MATÉRIAS-PRIMAS										Moagem	Conformação				Temperatura de Queima (°C)			
		Plástica			Não-Plástica								Extrusão	Tornearia	Prensagem	Colagem	800	900	1000	1100
		Argila Comum	Argila Plástica	Caulim	Feldspato	Filito	Talco	Calcário	Quartzo	Outros										
Cerâmica Vermelha	Blocos, Lajes	P	P									P								
	Telha	P	P			O						P		P						
	Outros	P	P								O	P								
P - Processo ou Composição Principal (>20%)										O - Processo ou Composição ocasional										

Fonte: Zandonadi (1998) apud Andrade (2009)

Andrade (2009), afirma que as pesquisas sobre matérias-primas argilosas utilizadas nas indústrias de cerâmica vermelha estrutural possui como meta a busca por conhecimentos que possam contribuir no desenvolvimento de produto e processos. O resultado poderá chega a produtos de melhor qualidade, através de

mudanças nas formulações das misturas, ou seja, por melhorias no procedimento de fabricação, por meio do controle das propriedades das matérias-primas.

3.2.2 Fabricação de peças cerâmicas

Segundo Kawaguti (2004) a fabricação da cerâmica constitui basicamente no aquecimento da argila, gerando alterações em sua estrutura, dando-lhe resistência. O processo de secagem e queima gasta muito energia térmica na sua execução, onde o principal combustível é a lenha e seus derivados, também podem se utilizar óleo combustível BPF (baixo ponto de fluidez) e o carvão mineral, em menor escala.

Basicamente, pode-se obter produtos cerâmicos por meio dos processos de biqueima ou de monoqueima. O primeiro caso prevê dois diferentes tratamentos térmicos, respectivamente para consolidar o suporte e para estabilizar os esmaltes e as decorações aplicadas no suporte queimado. No segundo, ao contrário, os esmaltes e as decorações são aplicadas sobre o suporte seco passando por apenas um tratamento térmico, durante o qual, a consolidação do suporte e a estabilização dos esmaltes ocorrem simultaneamente (MODESTO, 2005, p. 10).

De acordo Ribeiro, Ferreira e Labrincha, (2003) extrusão é um tipo de processo de formação plástica, com uma certa limitação na fabricação de objetos de seção constante, é intensa a sua utilização na indústria de cerâmica: na produção de tijolos e tarugos (bastonetes).

A NBR15310: (ABNT, 2009, p. 6), referente aos componentes cerâmicos Telhas Terminologia, requisitos e métodos de fabricação traz a seguinte definição:

As telhas cerâmicas devem ser fabricadas com argila conformada, por prensagem ou extrusão, e queimadas de forma a permitir que o produto final atenda às condições determinadas pela norma.

A norma diz que a absorção de água (AA) deve ter seu limite máximo admissível de 20%. Com isso poderá ser aplicada em acessórios cerâmicos retirados do lote de fornecimento das telhas, desde que o produtor e o cliente final estabeleçam acordo privado para esse fim.

A absorção de água dos acessórios, contudo, não pode ser utilizada para caracterizar as telhas. Uma vez requerido o ensaio dos acessórios por meio de acordo

entre produtor e usuário final, aplicam-se todas as definições, procedimentos e cálculos utilizados para a determinação da absorção de água das telhas.

As cargas de ruptura à flexão não devem ser inferiores às indicadas na tabela abaixo.

Quadro 2: Tipos de telhas e cargas de ruptura

Tipos de telhas	Exemplos	Cargas N (kgf)
Planas de encaixe	Telhas francesas	1 000 (100)
Compostas de encaixe	Telhas romanas	1 300 (130)
Simples de sobreposição	Telhas capa e canal colonial Telhas plan Telhas paulista Telhas Piauí	1 000 (100)
Planas de sobreposição	Telhas alemã e outras	

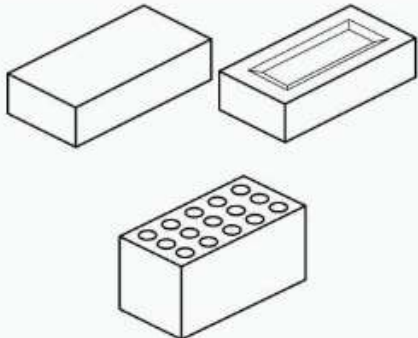
Fonte: (NBR 15310, 2009 p.9)

Para norma NBR 15270 (ABNT, 2017, p.11) que trata dos componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria conceitua que a fabricação:

O bloco/tijolo cerâmico deve ser fabricado por conformação plástica de matéria-prima argilosa, contendo ou não aditivos, e queimando a temperaturas elevadas.

A tabela abaixo mostra os valores referentes a absorção de água e a resistência FB mínima.

Quadro 3: absorção e resistência mínima

Tijolo maciço ou perfurado estrutural					
Classe	f_b mínimo MPa	Absorção d'água %	Geometria		
					
		EST60		6,0	8 a 25
		EST80		8,0	
		EST100		10,0	
		EST120		12,0	
EST140	14,0				

Fonte: NBR 15270 (ABNT, 2017, p.13)

3.2.3 Dosagem das Matérias-Primas

Segundo Sousa (2003), a produção se inicia com a distinção das matérias-primas. Depois de passarem por uma caracterização e serem aceitas, as matérias-primas são obtidas das jazidas naturais, transportadas até a indústria e em seguida armazenadas dentro das instalações. A obtenção da dosagem é de acordo a uma formulação pré-estabelecida, alternando para cada aplicação.

3.2.4 Preparação da Massa

De acordo Kawaguti (2004), esta etapa se dá pela mistura das diferentes argilas, cuja dosagem é feita conforme o tipo de produto desejado. A grande maioria das empresas faz essa mistura manualmente com pás carregadeiras, logo depois a matéria-prima vai para o caixão alimentador em seguida para o misturador gerando uma matéria homogênea. Este material é armazenado em um galpão próprio onde fica protegido das intempéries e onde se pretende buscar um material homogêneo.

Figura 2A: caixão alimentador



Fonte: (Kawaguti, 2004. p. 11).

Figura 2B: misturador



Fonte: (Kawaguti, 2004. p. 11).

Segundo Andrade (2009), o produto terá uma boa qualidade conforme o processamento da composição da massa, quanto mais se prepara uma massa cerâmica, maior será a qualidade que o produto terá e mais produtividade se alcançará.

3.2.5 Secagem

Conforme Modesto (2005), a secagem dos materiais de cerâmica é uma fase difícil e complicada, já que normalmente as composições de massa para fabricação de cerâmica contém um alto percentual de umidade, argilas muito plásticas (normalmente ilíticas ou até montmoriloníticas) que possuem uma granulometria de partículas muito fina (coloides), no que dificulta a evaporação da água, ocorrendo assim muitas fissuras (trincas) ocasionada pela pressão exercida na evaporação da água ao sair do material.

Segundo Vieira, Feitosa e Monteiro (2003), a finalidade da secagem é a eliminação da água usada no processo de conformação, que foi utilizada para a obtenção de uma massa plástica. A expulsão de água ocorre por meio da evaporação no aporte de calor, efetuado mediante uma corrente de ar.

A secagem é uma maneira que envolve simultaneamente a transferência de massa e calor com a inclusão de variações dimensionais. Onde o objetivo é diminuir a quantidade de água presente na massa antes da entrada no forno, esse processo deverá ser lento e uniforme, de modo que a água seja eliminada gradativamente ficando apenas uma pequena percentagem para preservar a coesão

da argila com intuito de que a peça não se desagregue antes da queima. Esse procedimento é imprescindível para que não haja o aparecimento de trincas e deformações excessivas na hora da queima (WEBER, 2009).

De acordo Oliveira (2011), há vários tipos de secagem, natural, forçada, artificial e mista. A secagem natural ocorre pela exposição das peças cerâmicas ao ar livre ou em galpões, a secagem natural aproveita as condições climáticas.

Figura 3: Secagem natural



Fonte: Pessoa (2004)

A secagem artificial geralmente é usada no período chuvoso, é feita de forma lenta e gradual, com exposição ao calor ou em ambientes ventilados, com controle no aquecimento, ventilação e umidade relativa do ar.

Figura 4: Secagem Artificial



Fonte: Senai-SP (2007) apud OLIVEIRA (2011)

3.2.6 Queima

Segundo Sousa, Neves e Alarcon (2004), a queima constitui-se na extração do líquido que normalmente é a água, que no processo anterior dava a trabalhabilidade necessária à peça. Trata-se de uma parte decisiva onde a retração volumétrica que ocorre conjuntamente à perda de água que necessita de uma série de cuidados para que não apareçam trincas irreversíveis nas peças moldadas.

Andrade (2009), afirma que uma das fases mais difíceis do processo cerâmico é a queima. Possíveis defeitos ocasionados nas etapas anteriores apresentam-se somente quando o material é queimado. Constitui-se em submeter às peças conformadas e secas a uma determinada temperatura para que as mesmas obtenham as atribuições desejadas, dentro de valores específicos. Na cerâmica vermelha as peças são queimadas geralmente em fornos a uma temperatura entre 850°C e 1050°C.

O tempo de queima também é de grande importância para que as reações aconteçam de modo desejáveis, visando ter um produto de qualidade. No decorrer da queima é de fundamental importância administrar a velocidade em que a temperatura aumenta e diminui com o decorrer do tempo, esse cuidado é para garantir que não

ocorram expansão e contração excessiva que a peça sofre durante o aquecimento e o resfriamento. Não há um tempo certo nem curva padrão de temperatura, visto que esses parâmetros variam com o tipo de forno e com a eficiência de queima.

3.3 ROCHAS

Segundo a NBR 6502 (ABNT, 1995, p. 1) que trata se rocha e solo, traz a seguinte definição para rocha:

Rocha é um material sólido, consolidado e constituído por um ou mais minerais, com características físicas e mecânicas específicas para cada tipo.

Rocha é um corpo sólido natural de agregados formados por um ou mais minerais e/ou fragmentos de outras rochas. Podem constituir uma rocha, o vidro vulcânico e a matéria orgânica. A mineralogia, isto é, a proporção relacionada dos tipos de materiais que compõem a rocha sua textura em relação ao tamanho o modo com que os cristais são formados, ajudam na identificação do visual exterior. São as características geológicas de uma rocha que identificam como ela foi formada. Desse modo a natureza de uma rocha é identificada através das observações realizadas em campo (FILHO e NUMMER, 2011).

3.3.1 Rochas ornamentais

Segundo Mattos (2002), rocha ornamental deve atender a requisitos básicos como beleza estética, ou melhor, necessitam ser homogêneas, além de possuir características tecnológicas dentro de padrões admissíveis pelas normas técnicas. Estes tipos de rochas abrangem tipos litológicos das quais podem ser extraídos em forma de blocos ou placas. Entre os tipos de rochas ornamentais encontra-se o granito, mármore, quartzito, ardósias, basalto, arenito, conglomerados e outros.

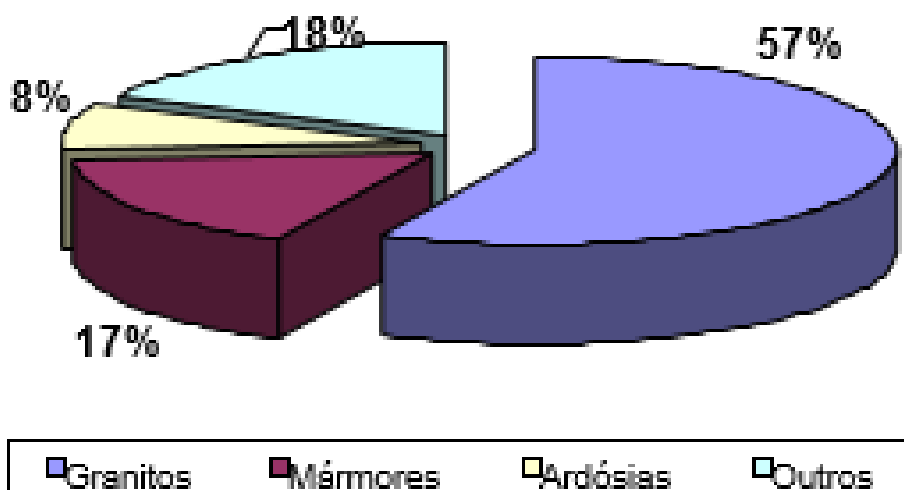
Com o grande número de reservas de rochas ornamentais, não há como desconsiderar a quantidade de rejeitos gerado durante o processo de produção e os prováveis impactos ambientais que esses resíduos podem ocasionar à natureza.

considerando a tese de (MENEZES; FERREIRA et al. 2002), o procedimento de reaproveitamento de resíduos, de modo integral ou como coadjuvante na construção civil, pode colaborar com a diversificação da oferta de matérias-primas para produção de objetos cerâmicos e reduzir os custos da construção civil no Brasil.

O mármore e o granito são rochas ornamentais com ampla aplicabilidade na construção civil. Segundo (PACHECO; GONÇALVES et al. 2009), mármore é uma rocha metamórfica originária do calcário, constituída a partir da transformação físico-química sofrida pelo calcário a altas temperaturas e pressão. Já granito, é uma rocha ígnea (magmática plutônica), resultado da solidificação do magma a grandes profundidades.

De acordo Mello (2006), as rochas ornamentais são classificadas no mercado basicamente consideradas dois tipos mármore e granito. Entretanto, existem outras rochas que existem neste campo, como quartzitos, arenitos, ardósias, travertinos, etc. o granito e o mármore são considerados de maior importância pelo seu grande volume de extração. Como mostra a figura 7.

Figura 5: Extração de rochas ornamentais no Brasil.



Fonte: Chiodi Filho, 2005.

3.3.1.1 Granito

Segundo Sacramento (2016), nas rochas ornamentais, o granito é classificado como grupo de rochas silicáticas constituídas basicamente por quartzo e feldspato, de modo que se adaptam como granito e abrange também outras rochas homogêneas por exemplo, monzonitos, basaltos sienitos, charnoquitos, diabásios, migmatito e gnaisses.

Os granitos são compostos por mica (biotita e/ou muscovita), plagioclásio, e cristais de feldspato esses são basicamente seus minerais principais, podendo ainda existir presença de piroxênio e anfibólio. As cores das rochas são basicamente determinadas por esses constituintes mineralógicos (SACRAMENTO, 2016).

A resistência à abrasão dos "granitos" é geralmente proporcional à dureza dos seus minerais constituintes: menciona-se o quartzo (dureza 7 na escala mohs), e os feldspatos (dureza 6); entre os "granitos", a resistência ao desgaste será, normalmente maior, quanto mais superior for a quantidade de quartzo na rocha.

3.3.1.2 Mármore

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

Mármore tem como sua principal característica dureza mohs, e um pouco menor que a do granito, já que seus elementos (calcita e dolomita) possuem dureza entre 3 e 4.

O mármore ao entrar em contato com ácido clorídrico apresenta uma característica específica entrada em efervescência, quanto maior a presença de calcita maior será essa intensidade.

3.3.2 Mármore e o granito em relação ao meio ambiente

Segundo a legislação ambiental, quem gera os resíduos é responsável pelo seu ciclo de vida: desde sua geração até o seu desfecho. Os gastos com os resíduos tendem a crescer ainda mais. O presente problema é uma realidade que acontece no setor industrial (COSTA; AMARO et al, 2009).

A indústria de produção de rochas ornamentais da origem a uma quantia considerável de resíduos no decorrer de seu processo de fabricação e tais resíduos são despejados no meio ambiente de maneira inadequada, gerando um grande impacto negativo. Ex: desmatamento, contaminação dos lençóis freáticos, erosão do solo, poluição ambiental e, conseqüentemente, afetando na qualidade de vida das pessoas (SACRAMENTO, 2016).

No procedimento de beneficiamento das rochas ornamentais gera volume de resíduos grande. De acordo (Moura e Leite, 2011) o resíduo gerado pode ser originado da remoção do bloco, da serragem para enquadrá-los nas dimensões, do processo de corte e de polimento, além dos finos da lava e do beneficiamento.

De acordo Lima (2010), entre as etapas do procedimento de produção de rochas têm extração, desdobramento, polimento e acabamento. No decorrer da extração é gerado o resíduo de lava, constituído de pedaços de rocha não aproveitados e rochas fissuradas.

Nas serrarias acontece a transformação dos blocos em chapas. Os blocos são cortados e beneficiados. Este processo, produz lama na forma de polpa abrasiva formada basicamente de água, granalha (usada como abrasivo que auxilia na serragem), cal (utilizada para lubrificar e esfriar as lâminas de serragem, além de limpar os canais entre as chapas) e rocha moída. A última fase é a de corte e polimento que transforma a chapa de granito em mosaicos. Nesta etapa é feita a uniformização da superfície, polimento, lustração, corte e acabamento de maneira a se adequar com as especificações que o produto final requer. É nesta etapa que é gerado um resíduo em pequena quantidade, o chamado aparas. Depois do acabamento, a rocha está pronta para comercialização.

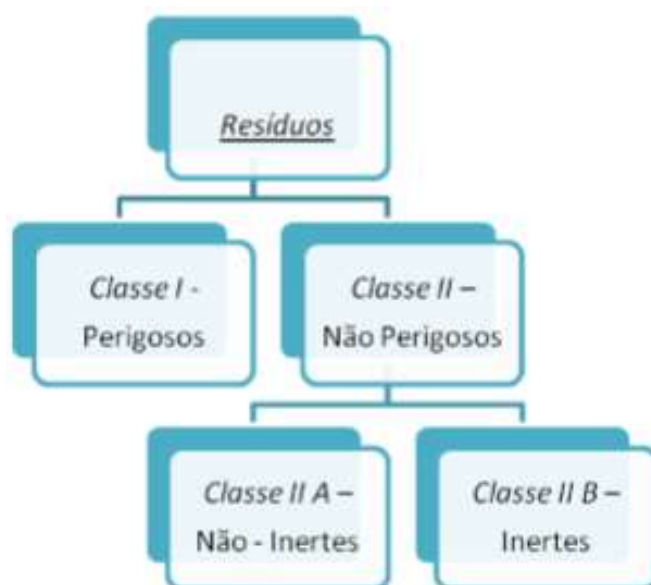
Oliveira, (2005) apud Lima (2010), mostra que, apesar da lama do granito ser considerada inerte e atóxica, sua geração indiscriminada e disposição inadequada

geram para as empresas, incômodo e despesa, além de inúmeros impactos ao meio ambiente como: alteração das condições de drenagem do solo, poluição do ar, poluição visual, modificação e destruição da paisagem natural e danos à saúde humana, onde quando seca, a lama forma um pó que pode causar silicose, se inalada.

3.4 RESÍDUO SÓLIDO

A Associação Brasileira de Normas e Técnica (ABNT) em sua norma NBR - 10004 de 2004 descreve resíduo sólido como um material no estado semissólido ou sólido resultante das áreas das indústrias, de hospitais, de comércios e outras, onde acrescentam também nessa denominação alguns líquidos específicos que não devem ser lançados em esgotos ou corpos de água. Esses resíduos sólidos são então classificados em:

Figura 6: Classificação de resíduos sólidos segundo a NBR 10004 (ABNT, 2004)



Fonte: NBR 10004 (ABNT,2004)

Braga , Buzzi , et al. (2010) afirmam que, no processo de beneficiamento de rochas ornamentais como um todo, matéria prima, insumos e resíduos. Possibilitam entender a formação e a composição das lamas, permitindo compreender sobre a não periculosidade através da obtenção de seus parâmetros que os classificam como classe II A (não-inertes).

Segundo Bezerra (2010), a humanidade no andamento de suas atividades diárias gera e descarta grande quantidade de resíduos. O crescimento de uso dos recursos naturais gera uma grande produção de resíduos, no que refletem a necessidade de um tratamento adequado dos resíduos descartados.

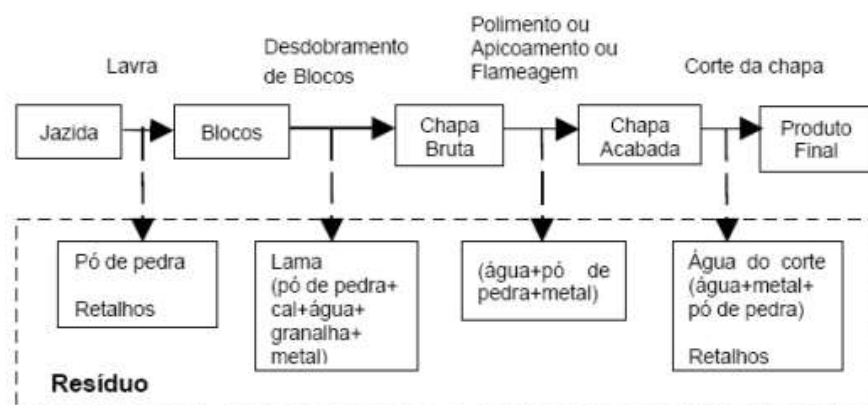
A consciência ambiental vem colaborando em ações, individuais e coletivas, visando uma melhor inter-relação entre homem e o meio ambiente, suas expectativas, suas satisfações e insatisfações, expectativas, julgamentos e condutas (PACHECO e SILVA, 2007).

De acordo Oliveira (2009), os processos do beneficiamento de rochas ornamentais geram quantia considerável de resíduos, uma parte em forma de lascas de rocha (casqueiros, chapas quebradas), outra parte em forma de lama, normalmente composta de água, pó de rocha e um tipo de abrasivo.

3.5 UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO PROVENIENTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM CERÂMICA VERMELHA

Segundo Aguiar (2012), em todos os processos produtivos das indústrias de rochas ornamentais, as gerações de resíduos desde o processo de extração (exploração das jazidas), passando pelo beneficiamento (serragem e polimento), até o armazenamento e transporte. Na Figura 9 mostra um esquema de geração de resíduos no processo de beneficiamento de rochas ornamentais.

Figura 7: Esquema de geração de resíduos na indústria de rochas ornamentais



Fonte: Reis (2008)

Os beneficiamentos de rochas ornamentais são divididos em: extração de blocos, desdobramentos de blocos, polimento, cortes e acabamentos finais (AGUIAR, 2012).

No procedimento de extração das rochas ornamentais, que é denominado de lavra. As explorações das jazidas são realizadas através da combinação de várias técnicas disponíveis, com o objetivo de aperfeiçoar os ciclos produtivos, e os resultados econômicos e financeiros (REGADAS, 2006).

Figura 8: apresenta o processo de extração de pedra, denominada de lavra.



Fonte: Reis (2008).

No processo de beneficiamento também é conhecido como serragem ou desdobramento e baseia-se no corte dos blocos em chapas com espessuras bastante próximas do produto acabado (SILVEIRA; HOLLANDA VIDA e SOUZA, 2014).

Silva e Hotza et al. (2005), em seu trabalho estudaram a adição de resíduos de mármore e granito em massas argilosa. Onde relataram os tipos de variações no comportamento de uma argila utilizada em uma indústria de cerâmica vermelha, em que utilizaram a lama de mármore e granito gerada em produção de uma indústria do estado do Rio Grande do Norte. Seu resultado mostrou que a lama pode ser incorporada na massa de argila sem perdas ou comprometimento das propriedades dos corpos de cerâmica vermelha.

Moreira, Freire e Holanda, (2003) mostraram em seu trabalho a possibilidade de reciclar resíduo de serragem de granito, proveniente por uma empresa de Cachoeiro do Itapemirim – ES, como agregado alternativo, para adicionar a matéria prima na fabricação de peça de cerâmicas vermelhas (tijolos, blocos cerâmicas e telhas). O uso do resíduo em cerâmica vermelha foi mostrado como uma das melhores soluções para minimizar o impacto ambiental.

Xavier e Saboya, et al., (2009) estudaram qual a durabilidade de artefatos cerâmicos vermelhos incorporados com resíduo de granito. Em seu trabalho mostrou que certa quantia de resíduo de granito, influência no avanço da degradação.

Menezes (2002) analisou as possibilidades de utilização dos rejeitos da serragem de granitos gerados pelas indústrias de beneficiamento da região nordeste como matéria prima alternativa na produção de blocos e revestimentos cerâmicos. Seu trabalho demonstrou que o resíduo tem características semelhantes as matérias primas da cerâmica convencional. Adicionando teores de até 50% de resíduos, as cerâmicas apresentam dentro das especificações da normalização.

Aguiar (2002) em seu trabalho de caracterização do resíduo de granito chegou à conclusão que o resíduo de granito apresenta características adequadas à utilização pelo segmento de cerâmica vermelha, como granulometria fina. Melhora a trabalhabilidade/plasticidade da argila, possibilitando assim, ajuste da etapa de conformação da cerâmica. A massa cerâmica apresenta excessiva plasticidade que acarreta em uma maior quantidade de água para sua conformação. A incorporação do resíduo ajustou a plasticidade da massa argilosa.

Mello (2006) averiguou em seu trabalho, a utilização de lama residual de marmorarias, chegou à conclusão que é viável a utilização do resíduo, contudo destacam-se alguns pontos, a saber:

As lamas provenientes de rochas ornamentais que contem maior concentração de granito podem ser adicionadas em até 40% em massa, porque, em modo geral, quando são adicionadas em massa vermelha, propiciam melhores resultados que as de mármore, basicamente levando em conta às propriedades afetadas pela quantidade de poros (como módulo de ruptura à flexão e absorção d'água);

Em ocorrência de lamas com maior intensidade de mármore, sendo aceitável sua utilização em quantidades limitadas a 16% (temperatura mais elevadas), por causa da queda de desempenho quando adicionada a massa de cerâmica. Além do aspecto visível que é comprometido em concentrações maiores.

4 METODOLOGIA

4.1 TIPO DE PESQUISA

Esta pesquisa é de caráter exploratório no qual serão investigados os itens a seguir:

- Caracterização Física;
- Retração linear de queima;
- Análise visual;
- Absorção de água;
- Porosidade aparente;
- Tensão de ruptura à flexão;

Também será analisado a quantidade ideal de resíduos de mármore e/ou granito que possa ser incorporada à massa cerâmica como agregado mineral de modo que o produto não perca qualidade.

4.2 LOCAL DE PESQUISA

Será realizado na FAPAC – Faculdade Presidente Antônio Carlos. Porto Nacional – TO no laboratório de solos e o de materiais de construção.

4.3 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Para realização deste trabalho será utilizada como matérias-primas; massa argilosa procedente da Cerâmica Santo expedito localizado em Porto Nacional – TO, e lasca de mármore e granito da marmoraria porto.

Figura 9A: Cerâmica Santo expedito



Fonte: Google Earth, 2018

Figura 9B: Mármore Porto



Fonte: Google Earth, 2018

O mármore e granito serão triturado de modo a atingir granulometria aproximada as raspas provenientes do beneficiamento das rochas ornamentais que são em torno de (2mm a 0,074mm). As amostras (argila e os resíduos) serão secos em estufa entre 105°C e 110°C, para realizar o ensaio de caracterização física.

4.3.1 Caracterização Física

Para a caracterização física das matérias-primas (argila e os resíduos) será realizado os ensaios de análise granulométrica, índices de consistência (limite de liquidez, limite de plasticidade e índice de plasticidade), segundo as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

4.3.1.1 Análise granulométrica

Será realizado de acordo prescrições da norma NBR 7181 (ABNT 2016) e a NBR 6457 (ABNT, 2016).

Como é um solo de granulometria fina será realizado o ensaio de sedimentação. O material será passado na peneira Nº 10 (2,00mm). O que passa será utilizado cerca de 70g para a realização do ensaio. Este material será transferido para

um Becker e adicionado 125cm³ da solução de hexametáfosfato de sódio com concentração de 45,7g do sal para 1000cm³ de solução.

Logo após, será agitado o bérquer até que o material fique imerso. Em seguida deixado em repouso por 12 horas “no mínimo”. Após as 12 horas, a mistura será repassada para o copo do dispersor, removendo-se com água destilada. A mistura será submetida a conduta do dispersor por aproximadamente 15 minutos, logo após transferido o material do dispersor para uma proveta graduada e adiciona água destilada até atingir a marca de 1000ml. Será tampada a boca da proveta com a palma da mão e com o auxílio da outra, agita-se, no decorrer de 1 minuto, de modo que, a boca da proveta passe de cima para baixo e vice-versa.

Logo após a agitação, a proveta será posta sobre uma bancada, será iniciado o cronômetro e anotado a hora do início da sedimentação. O densímetro será mergulhado na proveta e realizado as leituras relacionada aos tempos de 30 segundos, 1 minuto e 2 minutos, O densímetro será retirado lento e cuidadosamente em seguida, será medido a temperatura da suspensão e realiza as leituras subsequentes de 4, 8, 15, 30 minutos e 1, 2, 4, 8 e 24 horas.

Terminado o ensaio de sedimentação será despejado e lavado a suspensão na peneira Nº 200 (0,074mm), o material retido na peneira será transferido para uma cápsula e seco na estufa a 110°C. O material seco será passado nas peneiras (1,2 – 0,6 – 0,42 – 0,30 – 0,15 e 0,074 mm de diâmetro) e levado ao peneirador “Ro-Tap” durante cerca de 5 minutos. Após a vibração será pesada as proporções retidas em cada peneira.

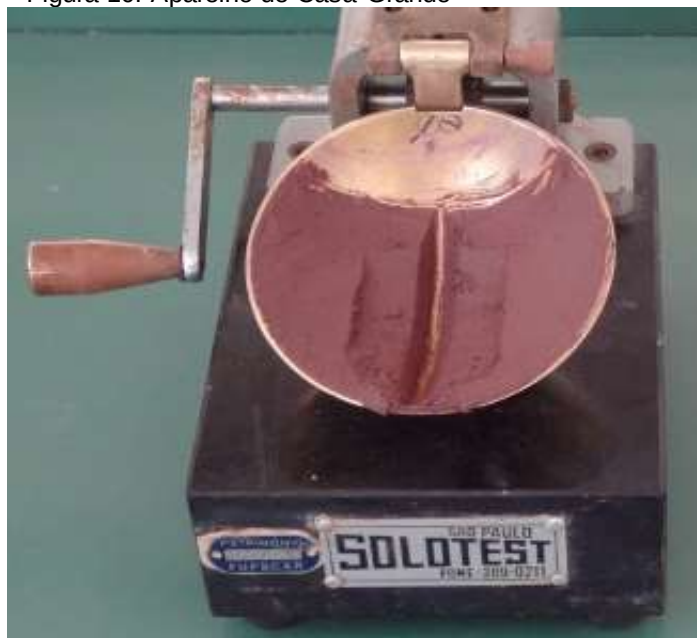
4.3.1.2 Limites de Atterberg

A preparação da amostra será realizada de acordo a norma NBR 6457 (ABNT, 2016), onde será utilizada uma fração de 200g da matéria prima (argila e os resíduos), passante na peneira de 0,42 mm.

O limite de liquidez (LL) será determinado conforme prescrito na NBR 6459 (ABNT, 2016) a amostra preparada será colocada em uma cápsula. E Acrescentado de 15cm³ a 20 cm³ de água destilada. Mistura-se até resultar em uma massa plástica, transfere-se a massa plástica para a concha do aparelho. A massa será moldada de

tal forma que, a parte central da concha, apresente uma espessura de aproximadamente 10mm, com o emprego do cinzel, divide-se a massa do solo em duas partes, abrindo-se uma ranhura no centro, perpendicularmente à articulação da concha, Gira-se a manivela, procede-se ao golpeamento da concha contra a base do aparelho, à razão de duas voltas por segundo até que as bordas inferiores da ranhura se unam em 13mm de comprimento, sendo registrado então o número de golpes, retira-se um pedaço de massa plástica do trecho em que ela se uniu. Será colocada em uma cápsula para a determinação da umidade utilizando a estufa, repetem-se as operações, acima mencionadas por mais três vezes.

Figura 10: Aparelho de Casa Grande



Fonte: labgeo, 2018

O limite de plasticidade (LP) será determinado de acordo NBR 7180 (ABNT, 2016). Onde a amostra preparada conforme prescrita acima será colocada em uma cápsula de porcelana, mistura-se água destilada até obter-se uma massa plástica e uniforme, com a massa obtida forma-se uma pequena bola, que deve ser rolada sobre a placa de vidro esmerilhado, com pressão suficiente da mão para que a massa tome a forma de um cilindro de 3mm de diâmetro por 100mm de comprimento. Amassa-se o material e procede-se como anteriormente. Continua-se a operação até que, por perda da umidade, o cilindro se fragmente ao atingir as medidas desejadas, logo que

o cilindro se quebre transferem-se vários pedaços para um recipiente para a determinação da umidade em estufa, será repetido as operações anteriores até que se obtenha um mínimo de 3 valores para a umidade.

Figura 10: Cilindro



Fonte: labgeo, 2018

O Índice de Plasticidade (IP), será obtido pela diferença entre o limite de liquidez (LL) e o limite de plasticidade (LP), conforme equação abaixo.

$$IP = LL - LP \quad \text{Eq (1)}$$

Onde:

IP = Índice de Plasticidade

LL = Limite de Liquidez

LP = Limite de Plasticidade

Este índice determina a plasticidade da matéria prima, visto que, quanto maior o índice, mais plástico será o material.

4.3.1.3 Determinação da massa específica

A preparação da amostra para o ensaio, será tomada cerca de 250 g da amostra preparada de acordo NBR 6457 da (ABNT, 2016). E a determinação da massa específica será de acordo NBR 6458 (ABNT, 2016) atualizado 2017.

A amostra será homogeneizada e pesada, com resolução de 0,01 g, quantidade tal que a massa seca esteja em torno de 50 g, quando for empregado picnômetro de 500 cm³, e anotar a massa como M1.

A amostra será ensaiada em cápsula com água destilada em quantidade suficiente para completa à imersão do material, durante 12 h, após transfere-se a amostra para o copo de dispersão, acrescentar água destilada até cerca de metade do volume do copo e dispersar durante 15 min.

Será transferido a amostra para o picnômetro, com auxílio do funil de vidro e adicionado água destilada até cerca de metade do volume do picnômetro. A seguir, aplicar vácuo de, no mínimo, 88 kPa (66 cm de Hg a 0°C), durante pelo menos 15 min, agitando o picnômetro em intervalos regulares de tempo.

Em seguida pesar o conjunto picnômetro + solo + água, com resolução de 0,01 g, e anotar como M2

Determina-se logo a seguir, com resolução de 0,1°C, a temperatura T do conteúdo do picnômetro. Com esse valor, obter na curva de calibração correspondente, com resolução de 0,01g, a massa do picnômetro cheio de água até a marca de referência, e anotar como M3.

A massa específica dos grãos do solo será calculada utilizando a fórmula:

$$\delta = \frac{M1 * 100 / (100 + h)}{M1 * \frac{100}{100 + h} + M3 - M2} * \delta T \quad \text{Eq (2)}$$

Em que:

δ = massa específica dos grãos do material, em g/cm³

M1 = massa do material úmido

M2 = massa do picnômetro+ matéria prima + água, na temperatura T de ensaio

M3 = massa do picnômetro cheio de água até a marca de referência.

h = umidade inicial da amostra

δT = massa específica da água, na temperatura T de ensaio, obtida a partir de tabela de referência.

4.4 PREPARAÇÃO DA MASSA

Para preparação das massas, a argila e os resíduos será umedecida com água até atingir em torno de 20% de umidade.

A preparação da massa cerâmica argilosa terá três composições diferentes uma com incorporação de resíduo de mármore outra com resíduo de granito e uma com ambos os resíduos, será preparado uma amostra com 0% de resíduo para servir de base e 10 amostras de cada composição com os seguintes percentuais: 5%, 10%, 15% e 20% de resíduos de mármore e/ou granito. Estas composições serão homogeneizadas de acordo com a viabilidade de misturas dos resíduos. As misturas serão preparadas e conformadas onde primeiramente será adicionado a argila e em seguida adiciona-se os resíduos de forma gradativa.

Os corpos de prova serão conformados por prensagem uniaxial nas dimensões de aproximadamente 300mm comprimento, 40mm de largura, 10mm de altura.

4.5 RETRAÇÃO LINEAR DE QUEIMA

O procedimento será realizado baseado em ensaios desenvolvidos pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). A partir de nove corpos de prova crus com um comprimento de 300mm, 40mm de largura e 10mm de altura, será efetuada a secagem em uma temperatura ambiente por 48 horas e após será secado em estufa por 24 horas em uma temperatura de 110°C, desta forma obtém-se os “corpos verdes”.

Logo após será medido os comprimentos dos corpos de prova verdes e o seu peso, serão divididos em 3 grupos para o processo da queima que será realizado na mufla do laboratório nas temperaturas 800°C, 1000°C, 1200°C (3 corpos de prova para cada temperatura). Depois da queima as amostras serão novamente medidas e

pesadas. Com os dados obtidos serão determinadas as propriedades: Retração linear de secagem (RLS) e a retração linear de queima (RLQ).

A retração linear de secagem (RLS) é expressa em porcentagem, será obtida a partir das medidas do comprimento dos corpos-de-prova antes e após a secagem, conforme a equação (2):

Em que:

$$RLS (\%) = \frac{CI-CS}{CI} \times 100 \quad \text{Eq (3)}$$

Ci = comprimento medido após extrusão (inicial) em mm;

Cs = comprimento medido após secagem em mm.

A retração linear de queima (RLQ) é expressa em porcentagem, será obtida a partir das medidas do comprimento dos corpos-de-prova após secagem e após queima, conforme a equação (3):

Em que:

$$RLQ (\%) = \frac{CS-CQ}{CS} \times 100 \quad \text{Eq (4)}$$

Cs = comprimento medido após a secagem a 110 °C (mm);

Cq = comprimento medido após a queima (mm).

4.6 ANÁLISE VISUAL

A determinação da Análise visual será realizada de acordo a norma NBR 13818 (ABNT, 1997), onde serão analisadas 10 placas com porcentagem de resíduos diferentes, serão observadas a olho nu, devendo considerar a existência dos seguintes defeitos;

- Rachaduras;
- Depressões;

- Crateras;
- Bolhas;
- Furos;
- Manchas;
- Saliências;
- Riscado ou arranhaduras;

4.7 ABSORÇÃO DE ÁGUA E POROSIDADE APARENTE

A determinação da porosidade aparente (PA) e absorção d'água (AA), também será tomada como base o método descrito na norma NBR 13818 (ABNT, 1997).

Após pesagem em balança com precisão de 0,01g, para determinação da massa seca (Ms), os corpos-de-prova queimados serão fervidos em água por 2h. Logo após o resfriamento, será determinada a massa imersa (Mi); seguido pela retirada do excesso de água contido na superfície dos corpos-de-prova por meio de um pano úmido e em seguida determinada a massa úmida (Mu). Os cálculos são efetuados segundo as equações abaixo (4 e 5):

$$PA (\%) = \frac{Mu - Ms}{Mu - Mi} \times 100 \quad \text{eq (5)}$$

$$AA (\%) = \frac{Mu - Ms}{Ms} \times 100 \quad \text{eq (6)}$$

Em que;

PA = Porosidade aparente

AA = Absorção de água (em %);

Mu = Massa do corpo-de-prova úmido (em g);

Ms = Massa do corpo-de-prova seco (em g).

Mi = Massa do corpo-de-prova imerso (g).

4.8 TENSÃO DE RUPTURA À FLEXÃO

A determinação da tensão de ruptura à flexão será baseada na norma NBR 13818 (ABNT, 1997) (Anexo C) e a NBR 5014 (ABNT, 2012) que descreve-se o método de medida da resistência em função de uma força de ruptura.

Serão utilizadas 10 peças cerâmicas com diferente porcentagem de resíduos. A resistência mecânica das peças será avaliada através da determinação da resistência à flexão de três pontos, com o auxílio da prensa do Laboratório de solos do ITPAC porto nacional – TO. Este aparelho aplica uma força com velocidade definida e controlada no centro da peça cerâmica, estando o ponto de aplicação de força em contato com a peça. Quando a peça rompe, o aparelho fornece o valor da força máxima aplicada no momento de ruptura.

A resistência à flexão a temperatura ambiente será determinada através da Equação (6):

$$RF = \frac{3 PL}{2BH^2} \quad \text{eq (7)}$$

Onde:

RF = resistência à flexão (em MPa);

P = carga máxima atingida no momento da ruptura (em N);

L = distância entre os apoios do corpo-de-prova (em mm);

B = largura do corpo-de-prova (em mm);

H = espessura do corpo-de-prova (em mm).

5 CRONOGRAMA

Quadro 4: Cronograma do projeto de pesquisa

ETAPAS	ANO 2018					ANO 2019					
	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun
Seleção do professor											
Definição do tema											
pesquisa de artigos											
Referencial											
Metodologia											
Resultado esperados											
Introdução											
Resumo											
Entrega do projeto											
Apresentação do projeto											
Coletas dos dados e realização dos ensaios											
Interpretação dos resultados											
Redação do artigo											
Entrega do projeto											
apresentação do projeto											

Fonte: Elaborada pelo autor

LEGENDA	
	REALIZADOS
	A SER REALIZADOS

6 RESULTADO ESPERADO

No decorrer desse projeto de pesquisa busca se adicionar conhecimento sobre um meio de reciclar os resíduos produzidos no beneficiamento das rochas ornamentais (mármore e granito). Desse modo pretende fornecendo uma maneira de diminuir os resíduos depositados em lugares improprio. Além de acarretar em uma menor quantidade de argilas retirada para produção de produtos cerâmicos (telha e tijolos).

Espera-se obter o sucesso total desta proposta, atingindo a meta de um produto cerâmico (tijolos e telhas) com uma aceitação visual e com um aumento de resistência a flexão, além de uma absorção de água dentro do limite estabelecido pela norma NBR 13818 (ABNT, 1997).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M. C. **Utilização de resíduo de serragem de rocha ornamental.** Universidade Estadual do Norte Fluminense – uenf. Campos dos Goytacazes - RJ. 2012.

ALEXANDRE , J. **Análise de matéria-prima e composições de massa utilizada em cerâmicas vermelhas. tese em (ciências de engenharia com ênfase em geotecnia).** Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes - RJ. 2000.

ANDRADE , F. L. F. **Estudo da formulação de massas cerâmicas provenientes da região do seridó-rn para fabricação de telhas.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13818; **Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR - 10004; **resíduos sólidos – classificação.** Rio de Janeiro, RJ. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5014; **Produtos refratários conformados densos e isolantes — Determinação do módulo de ruptura à temperatura ambiente.** Rio de Janeiro. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6458; **Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água.** Rio de Janeiro. 2016 atualizada 2 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457; **Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.** Rio de Janeiro. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459; **Solo - Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180; **Solo — Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181 **Solo - Análise granulométrica**. Rio de Janeiro. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15310: **Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, p. 6. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15270-1: **Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro, p. 11. 2017.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 1, 2000. 526 p.

BEZERRA, R. R.; CARREIRA, J. ; AGUIAR, G. R. **Estudo de Caso da Quantidade e Destinação Final dos Resíduos Sólidos Orgânicos Domiciliares**, Ji-Paraná/RO, 2010. Disponível em: <<http://www.faesa.br/sea/trabalhos>>. Acesso em: 14 Setembro 2018.

BORGES, E. Pacotão de exercícios resolvidos de cerâmica. **tudoengcivil**, 2014. Disponível em: <<https://www.tudoengcivil.com.br/2014/09/pacotao-de-exercicios-resolvidos-de.html>>. Acesso em: 29 agosto 2018.

BRAGA , D. F. BUZZI , D. C. et al. Caracterização ambiental de lamas de beneficiamento de rochas ornamentais. **Nota Técnica**, Vila Velha, 2010. 237-244.

CHIODI, C. F. **Balanço das Exportações Brasileiras de Rochas Ornamentais e de Revestimento**. Congresso Internacional de Rochas Ornamentais. Espírito Santo, 2004.

COSTA, E. D. FABIANA A. et al. **Reuso do Pó de Mármore Tijolo Ecológico**. Centro Universitário UNA. Belo Horizonte. 2009.

MARCIEL, F. C. L.; NUMMER, A. V. **Introdução à Geologia de Engenharia**. 4 rev. e ampl. ed. Santa Maria: UFSM, 2011.

FRASCÁ, M. H. B. D. O.; SARTORI, P. L. P. Minerais e Rochas. In: ABGE **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Fapesp, 1998. p. 15-38.

GOOGLE. Google Earth website. 2018. **Cerâmica Santo expedito**. Disponível em: <<http://earth.google.com/>, 2018>. Acesso em: 01 de dezembro, 2018.

GOOGLE. Google Earth website. 2018. **Marmoraria Porto**. Disponível em: <<http://earth.google.com/>, 2018>. Acesso em: 01 de dezembro, 2018.

GRIGOLETTI, G. C. **Caracterização de impactos ambientais de indústrias de cerâmica vermelha do estado do rio grande do sul**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul Escola de Engenharia. Porto Alegre. 2001.

KAWAGUTI, W. M. **Estudo do comportamento térmico de fornos intermitentes tipo “paulistinha” utilizados na indústria de cerâmica vermelha**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Florianópolis. 2004.

KONDO, J. **Apostila - gênese, morfologia e classificação de solos**. Universidade Estadual de Montes Claros Departamento de Ciências Agrárias. Janaúba – Minas Gerais. 2008.

LABGEO. **Laboratório de geotecnia departamento de engenharia civil**. universidade federal de são carlos. São Carlos. 2018.

LIMA, R. D. C. D. O. **Estudo da durabilidade de paredes monolíticas e tijolos de solo-cimento incorporados com resíduo de granito**. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande PB. 2010.

LIMA, R. M. F.; LUZ, J. A. M. D. Análise granulométrica por técnicas que se baseiam na sedimentação gravitacional: Lei de Stokes. **REM: Revista Escola de Minas**, Ouro

Preto, v. 54, n. 2, abr/jun. 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672001000200014>>.

MATTOS, I. C. Uso/adequação e aplicação de rochas ornamentais na construção civil – parte 1. **III Simpósio sobre Rochas Ornamentais do Nordeste**, Anais, 2002.

MELLO, R. D. M. **Utilização do resíduo proveniente do acabamento e manufatura de mármore e granitos como matéria-prima em cerâmica vermelha**. Instituto de pesquisas energéticas e nucleares. São Paulo, p. 69. 2003.

MELLO, R. M. **Utilização do Resíduo Proveniente do Acabamento e Manufatura de Mármore e Granitos como Matéria-prima em cerâmica vermelha**. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares Autarquia Associada à Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 65. 2006.

MENEZES, R. R. FERREIRA, H. S. et al. Uso de Rejeitos de Granitos Como Matérias - Primas cerâmicas. **Cerâmica [online]**, v. 48, p. 92-101, Setembro 2002.

MODESTO, C. O. **Obtenção e caracterização de materiais cerâmicos a partir de resíduos sólidos das estações de tratamento de efluentes e de argila das empresas eliane revestimentos cerâmicos**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 10. 2005.

MOREIRA, J. M. S.; FREIRE, N.; HOLANDA, J. N. F. Utilização de resíduo de serragem de granito proveniente do estado do Espírito Santo em cerâmica vermelha. **49º Congresso brasileiro de cerâmica**, Campos dos Goytacazes, 2003. 262 - 267.

MOTTA, J. F. ; ZANARDO, ; CABRAL, J. M. **As Matérias-Primas Cerâmicas. Parte I: O Perfil das Principais Indústrias Cerâmicas e Seus Produtos**. Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP/Rio Claro - SP. São Paulo - SP, p. p.28-29. 2001.

MOURA, A. ; LEITE, M. Estudo da viabilidade da produção de blocos com utilização de resíduo de serragem de rochas ornamentais para alvenaria de vedação. **Rem: Revista Escola de Minas**, Ouro Preto MG, v. 64, n. 2, p. 147-154, 2011.

OLIVEIRA , C. N. D. Aplicação de Resíduos Oriundos do Corte de Rochas Ornamentais na Produção de Cosméticos. **XVII Jornada de Iniciação Científica – CETEM** , Rio de Janeiro, 2009.

OLIVEIRA, F. E. M. **Acompanhamento da Produção Industrial em cerâmica da microrregião do vale do assu: estudo de caso**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido Campos Angicos Curso de Ciência e Tecnologia. Angicos-RN. 2011.

PACHECO, C. P. et al. **Mármore e Granito**. Universidade Federal Do Espírito Santo. Vitória. 2009.

PEITER, C. C., CHIODI FILHO, C. **Rochas ornamentais no século XXI: bases para uma política de desenvolvimento sustentado das exportações brasileiras**. Rio de Janeiro: Vozes, 2004., 2001.

PESSOA, J. M. A. D. P. **Tecnologias e Técnicas Apropriadas Para o Desenvolvimento Sustentável: o Caso da indústria cerâmica de russas-ce**. Universidade Federal do Ceará - ufc pró-reitoria de pesquisa e pós-graduação programa regional de pós-graduação em desenvolvimento e meio ambiente - prodema. Fortaleza – Ceará. 2004.

REGADAS, I. C. M. C. **Aspectos Relacionados às Lavras de Granitos Ornamentais com Fio Diamantado no norte do Espírito Santo, Brasil**. Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, p. 130. 2006.

RIBEIRO, M. ; FERREIRA, A. A. L.; LABRINCHA, J. A. Aspectos Fundamentais Sobre a Extrusão de Massas de Cerâmicas Vermelha. **Cerâmica Industrial**, p. 37 - 42, jan/fer 2003.

SACRAMENTO, D. S. **Confecção de Tijolos Ecológicos utilizando resíduo de marmoraria**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia CETEC. Cruz das Almas – Bahia. 2016.

SANTOS, I. ; PIRES, et al. **Reciclagem de Resíduo de Mármore e Granito em Matrizes Poliméricas**. COBEQ; Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Florianópolis, 2014. p. 1-8.

SANTOS, P. S. **Ciência e Tecnologia de Argilas**. São Paulo: Edgard Blücher, v. 1, 1989. 500 p.

SANTOS, P. S. **Ciência e Tecnologia de Argilas**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1992.

SEBRAE. bibliotecas sebrae. **CERÂMICA VERMELHA Panorama do mercado no Brasil**, 2015. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/b877f9b38e787b32594c8b6e5c39b244/\\$File/5846.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/b877f9b38e787b32594c8b6e5c39b244/$File/5846.pdf)>. Acesso em: 20 setembro 2018.

SILVA , C. D. **Rochas na construção civil: tipos, aplicações e critérios de seleção**. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG. Belo Horizonte. 2014.

SILVA, I. C. S. **Cerâmica Vermelha**. Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Pernambuco. Pernambuco. 2002.

SILVA, J. B; Hotza, D. et al. Incorporação de lama de mármore e granito em massas argilosas. **Cerâmica**, 2005. 325-330.

SILVEIRA, L. L. L.; HOLLANDA VIDA, F. W.; SOUZA, J. C. **Beneficiamento de Rochas Ornamentais**. Coordenação de Apoio Técnico às Micro e Pequenas Empresas - CATE. Rio de Janeiro. 2014.

SOUSA, J. P. **Estudo e Desenvolvimento de Alternativas para o aproveitamento de resíduos das indústria de revestimento cerâmicos**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2003.

SOUSA, J. Y. P.; NEVES, W. Y.; ALARCON, O. E. **Estudo da viabilidade de obtenção de isoladores elétricos a partir de resíduo de esmaltação**. Campus Universitário, Trindade. Florianópolis. 2004.

TEIXEIRA, S. R. **Caracterizaçãode argilas usadas para produçãodecerâmica vermelha e estudo das alterações nas suas propriedades pela adição de resíduos sólidos**. Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências e Tecnologia Campusde Presidente Prudente. Presidente Prudente. 2006.

VAN VLACK, L. H.. **Propriedades dos Materiais Cerâmicos**. SÃO PAULO, p. 318. 1973.

VIEIRA, C. M. F.; FEITOSA, H. S. ; MONTEIRO, S. N. **Avaliação da Secagem de Cerâmica Vermelha Através da Curva de Bigot**. Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). Campos dos Goytacazes - RJ, p. 42 - 43. 2003.

WEBER,. TRANSFERÊNCIA DE CALOR NO PROCESSO DE SECAGEM DE TIJOLOS. **Trabalhos X EGEM: Comunicação Científica**, Ijuí/RS, p. 1-8, 02 a 05 junho 2009.

XAVIER, G. C.; Saboya, F. et al. Análise de processos de degradação acelerada em laboratório para estudo da durabilidade de peças cerâmicas vermelhas incorporadas com resíduo de granito. **Cerâmica**. nº 55, 2009. 1 - 10.