FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

EZEQUIEL PINHEIRO PORTO

JULIANA LEIONE RAVANI

LUCAS DEMÉTRIO CASULA

VALMIR OLIVEIRA ALVES NETO

VIABILIDADE TÉCNICA DO APROVEITAMENTO DO RESÍDUO ABRASIVO ORIUNDO DO CORTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO CONCRETO.

ARACRUZ
2017

EZEQUIEL PINHEIRO PORTO

JULIANA LEIONE RAVANI

LUCAS DEMÉTRIO CASULA

VALMIR OLIVEIRA ALVES NETO

VIABILIDADE TÉCNICA DO APROVEITAMENTO DO RESÍDUO ABRASIVO ORIUNDO DO CORTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO CONCRETO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Aracruz, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. Evandro José Pinto de Abreu

ARACRUZ
2017

RESUMO

A manufatura das rochas ornamentais gera grande quantidade de resíduos ou rejeitos, dentre eles a lama abrasiva que não pode ser descartada de qualquer maneira, além da grande ocupação física no meio ambiente aumentando a necessidade da busca de alguma utilização para minimizar o impacto. Daí surge o problema de pesquisa que é a viabilidade técnica da substituição do cimento Portland CPIII em porcentagens por lama abrasiva. A pesquisa objetiva comprovar a eficácia da substituição parcial com porcentagens de 5%, 15% e 30% do cimento Portland CPIII pela lama abrasiva, com o foco nos resultados dos testes de resistência à compressão do concreto. Após a realização da análise granulométrica do agregado miúdo, preparado o traço do concreto e realizados os testes de resistência à compressão, em laboratório, obteve-se as comprovações sobre o desempenho técnico do concreto produzido, que foi o seguinte, apenas para a substituição com 5%, obteve-se o desempenho técnico acima do concreto usado como referência. Conclui-se com a pesquisa que pode ser utilizado a referida substituição. Apesar de uma porcentagem aparentemente não significativa, o volume de rejeito gerado é muito alto, o que reforça o uso, uma vez que minimiza a quantidade lançada no meio ambiente.

Palavras-chave: Lama abrasiva, concreto, resistência à compressão.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tear de fio diamantada. 9

Figura 2 – Processo de desdobramento 9

Figura 3 - Caracterização físico-química do resíduo da serragem dos blocos de granito 10

Figura 4 - Peneiras sucessivas de série normal..... 19

Figura 5 - Frasco de Chapman..... 20

Figura 6 - Utilização do frasco de Chapman para determinação de umidade.. 21

Figura 7 - Prensa hidráulica 23

Figura 8 - Ensaio de determinação da massa especifica do agregado miúdo. 26

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1 – Principais estados brasileiros exportadores.....6

Gráfico 2 – Maiores exportadores brasileiros por país de destino.....7

Gráfico 3 – Curva Granulométrica do agregado Miúdo. 25

Gráfico 4 - Médias dos valores das amostras (Mpa). 28

LISTA DE SIGLAS

ABIROCHAS	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS
ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
ANPO	ASSOCIAÇÃO NOROESTE DE PRODUTORES DE PEDRAS ORNAMENTAIS DO ESPÍRITO SANTO
CONTRAN	CONSELHO NACINAL DE TRÃNSITO
CTR	CENTRO DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS
FAACZ	FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ
EUA	ESTADOS UNIDOS DAS AMÉRICAS
IEMA	INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS
NBR	NORMA BRASILEIRA
PNRS	POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SOLIDOS
RCG	RESÍDUO CORTE DE GRANITO
RSRO	RESÍDUO DE SERRAGEM DE ROCHAS ORNAMENTAIS

LISTA DE SÍMBOLOS

ρ: massa específica

μ: Viscosidade cinemática

γ : Massa específica do agregado miúdo

Li : Leitura do frasco (volume ocupado por água - agregado miúdo)

H : Umidade do agregado em porcentagem

L : Leitura final do nível atingido, indicada no frasco de Chapman

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Toneladas de lama depositadas no CTR – ANPO por período de tempo 14

Tabela 2- Teores dos compostos do cimento Portland de alto-forno.....17

Tabela 3- Primeiro ensaio para determinação granulométrica do agregado miúdo..24

Tabela 4 - Segundo ensaio para determinação granulométrica do agregado miúdo. 25

Tabela 5 – Resultados do ensaio de compressão axial.....27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 4

2. OBJETIVOS 5

2.1 Objetivo geral 5

2.2 Objetivos específicos 5

3 REFERENCIAL TEÓRICO 6

3.1 Cenário nacional das rochas ornamentais 6

3.2. Resíduos do beneficiamento primário 8

3.3 Resíduos do desdobramento 8

3.4 Resíduos do polimento e acabamento 10

3.5 Composição do resíduo do corte do granito (RCG) 10

3.6 Concretos de cimento Portland 11

3.6.1 Propriedades do concreto 12

3.6.1.1 Trabalhabilidade 12

3.6.1.2 Resistência mecânica 12

3.6.2 Concreto endurecido 13

3.6.2.1 Resistencia à compressão axial 13

3.7 Utilização do RCG 13

3.8 Legislação pertinente 16

4. MATERIAIS E MÉTODOS 17

4.1 Materiais 17

4.1.1 Cimento portland 17

4.1.2. Agregado miúdo (Areia) 18

4.1.3. Agregado graúdo (Brita).....18

4.1.4 Lama abrasiva.....18

4.2 Métodos 18

4.2.1 Composição granulométrica do agregado miúdo (Areia) 18

4.2.2 Massa específica do agregado miúdo (Areia) 19

4.2.3 Teor de umidade do agregado miúdo (Areia).....20

4.2.4 Lama abrasiva.....21

4.2.5 Estudo de dosagem do RCG para preparo dos concretos.....22

4.2.6 Confecção dos corpos de prova.....22

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 24

5.1 Lama abrasiva (RCG) 24

5.2 Agregado Miúdo.....24

5.2.1. Determinação granulométrica do agregado miúdo (areia) 24

5.2.2. Determinação da massa específica do agregado miúdo (Areia).....26

5.2.3.Teor de umidade do agregado miúdo (Areia).....27

5.3 Ensaio de compressão axial 27

6. CONCLUSÃO.....30

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 31

REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO 32

ANEXO A - RELATÓRIO DE ENSAIO CETAN 35

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento do uso de rochas ornamentais, houve também o aumento da lama abrasiva, a qual não pode ser descartada de qualquer maneira, além da grande ocupação física no meio ambiente, aumentando a necessidade de uma utilização, visando minimizar o impacto.

Existem vários estudos em elaboração com o intuito do aproveitamento desta lama abrasiva em diversos pontos da construção civil como: produção de blocos de concreto, produção de concreto para lajes e uso nas fábricas de revestimentos. Já estão sendo elaborados testes e estudos de casos para a utilização deste material também em substituição a outros agregados.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (ABIROCHAS), em 2016 o comércio brasileiro exportou US$ 1.138,3 milhões e 2,46 milhões de toneladas. O Brasil exportou rocha para 120 países, tendo como principal destino, os EUA, China e Itália, que representaram 80,6% de toda a exportação brasileira.

Ainda conforme dados da ABIROCHAS, o Estado do Espirito Santo se destacou na exportação, correspondendo a 75% do volume físico e 81% do total do faturamento das exportações brasileiras, mais especificamente 1,8 milhões de toneladas exportadas e US$ 921,4 milhões de arrecadação.

Segundo SARDOU FILHO et al. (2013), “cerca de 25% a 30% do volume dos blocos de rochas ornamentais é transformado em resíduos após o beneficiamento primário.” Considerando o total exportado pelo Brasil no ano de 2016, é calculado uma estimativa entre 511.500 e 613.800 toneladas de resíduos, que demostra a necessidade de reaproveitamento.

As principais expectativas deste estudo que será feito em relação ao reaproveitamento deste produto será a viabilidade técnica da substituição desta lama no cimento Portland CPIII e a retirada deste resíduo do meio ambiente, devido seu alto impacto no ecossistema.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Verificar o desempenho do concreto com a presença da lama abrasiva, no quesito resistência à compressão.

2.2 Objetivos específicos

- Coletar a lama abrasiva na empresa Granitos Litoral;
- Realizar a análise granulométrica do agregado miúdo;
- Produzir os traços do concreto;
- Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone ("slump test");
- Ensaiar a resistência dos corpos de prova que serão produzidos;
- Coletar e analisar os resultados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Cenário nacional das rochas ornamentais

As rochas ornamentais são aquelas que podem ser utilizadas como decoração em sua forma "*in natura*" ou depois de trabalhadas de alguma forma, como ressalta OLIVEIRA (2015 apud BRANDÃO, 1991). O estado do Espirito Santo é o maior produtor de rochas ornamentais do Brasil, conforme dados da ABIROCHAS, sendo responsável por 65% das exportações do país no primeiro trimestre deste ano. A maior cidade da região sul do Espírito Santo, Cachoeiro de Itapemirim, é conhecida nacionalmente pela produção de rochas ornamentais, destacando-se pelo pioneirismo no setor. O gráfico 1 mostra quanto o Estado do Espírito Santo movimentou em valores com relação a outros estados.

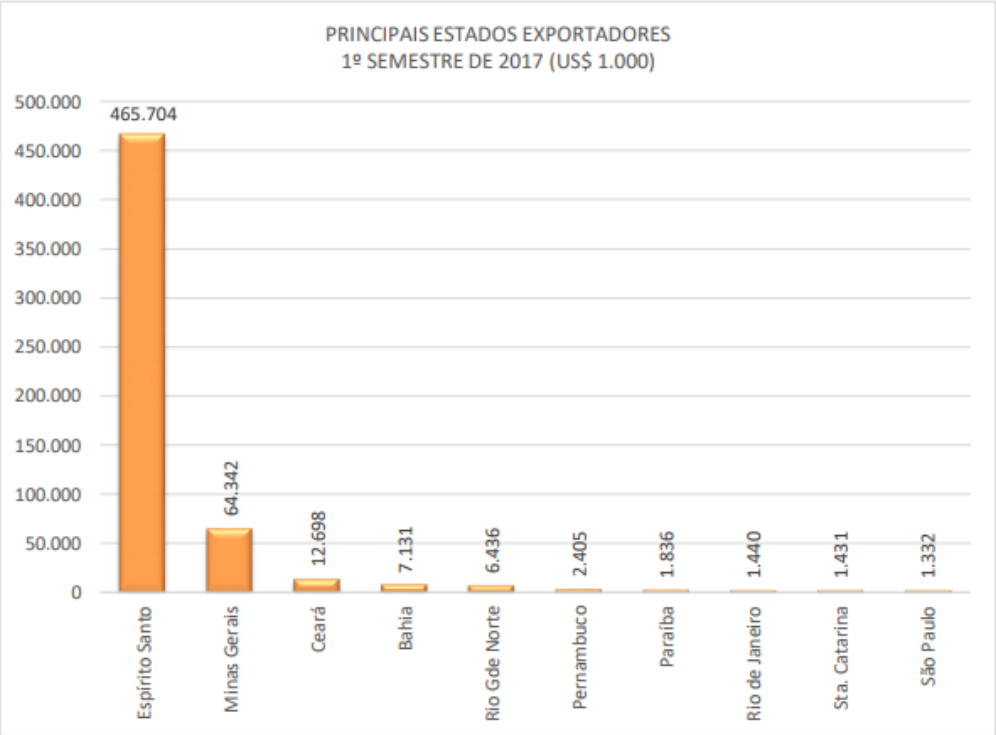

Gráfico 1 – Principais estados brasileiros exportadores
Fonte: www.abirorochas.com

Conforme ABIROCHAS (2017) ano de 2016, as vendas em toneladas de chapas de granito, principal produto das exportações das empresas do Espírito Santo, aumentaram em 4,19%, mas com a alta do dólar o valor médio da tonelada passou de US$ 811,39 para US$ 756,58, afetando o resultado final. A soma total foi de US$ 832,8 milhões, uma queda de 2,75%, se comparado com 2016, visto que houve uma pequena desvalorização do preço no mercado.

Segundo a ABIROCHAS (2017) apenas no primeiro trimestre de 2017, os países que mais importaram estes produtos foram os Estados Unidos, China, Itália e Canadá, conforme demostrado no gráfico 2:

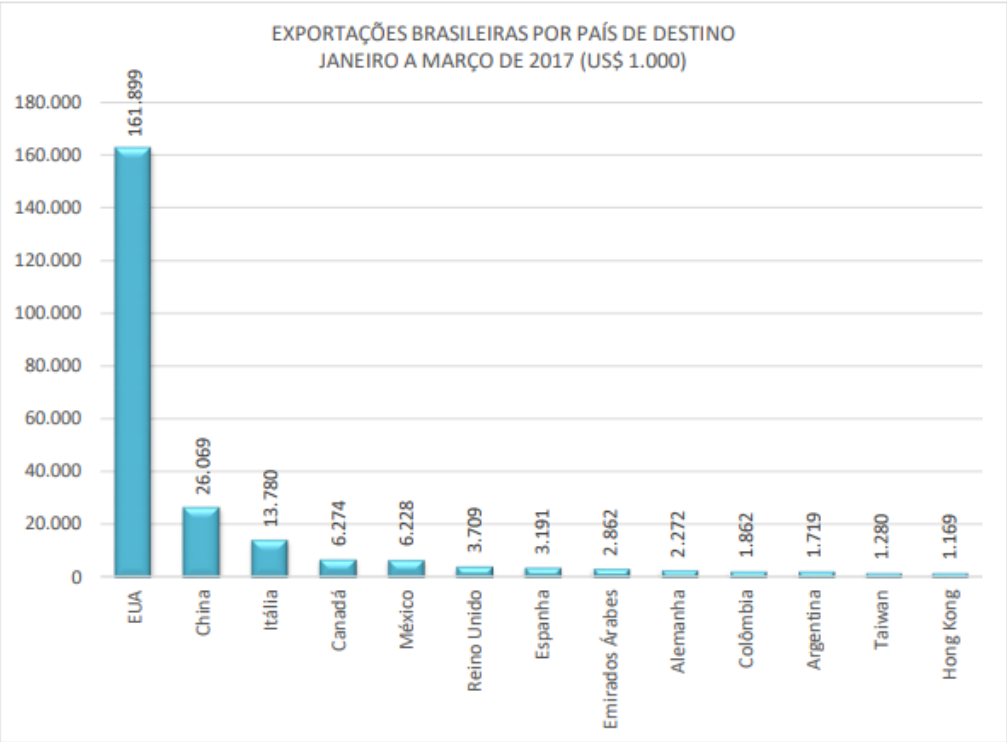

Gráfico 2 – Maiores exportadores brasileiros por país de destino
Fonte: www.abirochas.com.br

As exportações brasileiras de rochas não evidenciaram capacidade de reação no 1º trimestre de 2017, seguindo a mesma tendência negativa de 2014, 2015 e 2016. Tal desempenho poderá melhorar ao longo de 2017.

3.2. Resíduos do beneficiamento primário

Também conhecido por desdobragem ou serragem, o beneficiamento primário corresponde ao corte de blocos, após transportados e entregues as beneficiadoras, em peças com espessura variadas e próximas daquelas apresentadas pelos produtos finais, na forma de chapas, espessores (chapas grossas para arte funerária, monumentos etc) ou tiras. Representa o primeiro passo em relação à agregação de valor ao material proveniente das pedreiras, de acordo com (GONÇALVES DE SOUSA, 2007). É produzido, então, o resíduo chamado de costaneira. Esse resíduo é gerado pela serragem dos blocos para que os mesmos estejam com as dimensões necessárias para colocação nos equipamentos de corte conforme (BAPTISTA KALIL, 2005).

3.3 Resíduos do desdobramento

Entre os resíduos existe o chamado resíduo do corte de granito (RCG), que é gerado quando os blocos são colocados nos teares de fio diamantado, demostrado na figura 1, para serem cortados em chapas. Neste processo é utilizada polpa abrasiva composta por água, cal e granalha. No entanto, além desses componentes da polpa abrasiva, o resíduo também possui em sua composição o pó de pedra, em virtude da serragem dos blocos.

Figura 1 – Tear de fio diamantada.
Fonte: http://www.ventowag.com.br

Segundo (SARDOU FILHO *et al.*, 2013), “cerca de 25% a 30% do volume dos blocos de rochas ornamentais é transformado em resíduos após o beneficiamento primário.” Além deste, existe o resíduo oriundo do polimento das rochas, em pequenas quantidades se comparado ao RCG. A figura 2 demostra todas as etapas dos processos e seus resíduos gerados.

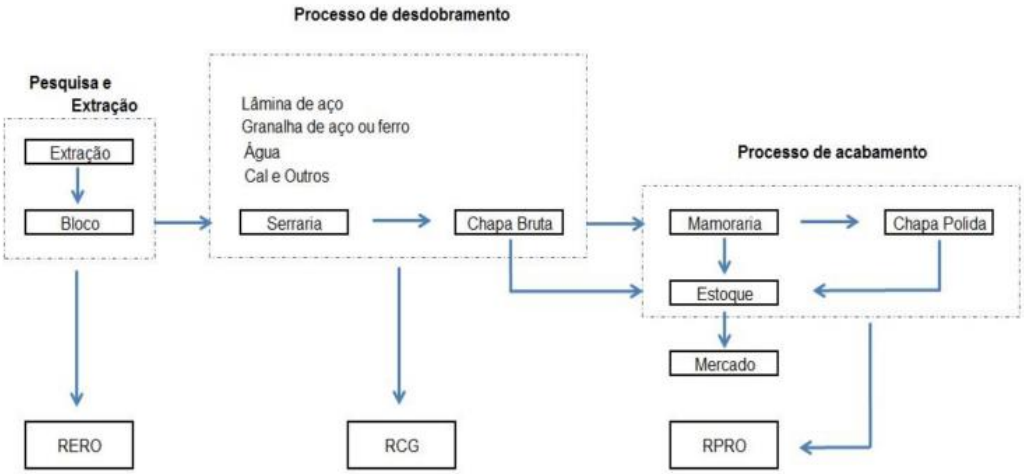

Figura 2 – Processo de desdobramento
Fonte: (SARDOU FILHO, 2013)

3.4 Resíduos do polimento e acabamento

O polimento do granito é realizado sob via úmida, são inseridos grandes volumes de água sobre a área, com abrasivos das mais diversas granulometrias, dependendo da fase do acabamento, conforme dito por SILVA (2011). Há, então, uma grande geração de resíduos, oriundos das pastilhas abrasivas.

Ainda citado por SILVA (2011), com as chapas já nas marmorarias, também é utilizada água durante o corte da chapa de rocha, gerando também a lama abrasiva, porém em quantidade relativamente menor.

3.5 Composição do resíduo do corte do granito (RCG)

Apesar das diversidades de rochas encontradas nas jazidas, o resíduo formado não difere na composição final. Segundo (PEREIRA GONÇALVES, 2000), estudos foram realizados de forma física e química como demonstrado na figura 3.

Massa específica		2,67 g/cm³
Área específica		1,295 m²/kg
Componentes Químicos (%)	Óx. De Magnésio (MgO)	1,99
	Dióx. De Silício (SiO_2)	58,86
	Óx. De Ferro (Fe_2O_3)	12,52
	Óx. De Alumínio (Al_2O_3)	13,45
	Óx. De Cálcio (CaO)	5,10
	Óx de Titânio (TiO_2)	0,92
Álcalis Totais (%)	Óx. De Sódio (Na_2O)	2,20
	Óx. De Potássio (K_2O)	4,81
	Equivalente Alcalino em Na_2O	5,36
	$SiO_2 + Fe_2O_3 + Al_2O_3$	84,83

Figura 3 - Caracterização físico-química do resíduo da serragem dos blocos de granito
Fonte: (SOARES, 2014).

Pode-se observar que o resíduo possui maior concentração de dióxido de silício, óxido de alumínio e óxido de ferro, que juntos chegam a totalizar 84,83%. No entanto, de acordo com (SOARES, 2014), existem outras características que devem ser levadas em consideração. O resíduo apresenta granulometria fina, ou

seja, cerca de 71,65% de seus materiais constituintes possuem dimensões inferior a 0,0075 mm.

A parte metálica é proveniente da granalha empregada para auxiliar no corte das rochas ou pode ser também do desgaste das lâminas dos teares. As partículas metálicas permitem, se necessário, sua retirada através do processo de separação magnética, exceto a hematita existente, de acordo com (CRISTINA TRINDADE, 2015).

Ainda segundo TRINDADE (apud PEREIRA , 2000) o RCG é classificado como um resíduo Classe II – Não Inerte, de acordo com a ABNT NBR 10.004/2004, pois em ensaios realizados por ele, como o de solubilização, apenas fluoreto apresentou concentração superior. Já no ensaio de lixiviação, nenhum de seus componentes apresentaram concentração superior.

3.6 Concretos de cimento Portland

De acordo com Associação Brasileira de Norma Técnicas (ABNT12655, 2015), o concreto de cimento Portland é definido como: “material formado pela mistura homogênea de cimento, agregados miúdo e graúdo e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários, que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento (cimento e água)”.

Uma das definições em que se contextualiza o concreto, afirma que:

> O concreto de cimento Portland é o mais importante material estrutural e de construção civil da atualidade. Mesmo sendo o mais recente dos materiais de construção de estruturas, pode ser considerado como uma das descobertas mais interessantes da história do desenvolvimento da humanidade e sua qualidade de vida. Sua descoberta no fim do século XIX e seu intensivo uso no século XX, que o transformaram no material mais consumido pelo homem depois da água, revolucionaram a arte de projetar e construir estruturas cuja evolução sempre esteve associada ao desenvolvimento das civilizações ao longo da história da humanidade.(HELENE; DE; PAULO, 2010).

Conforme OLIVEIRA (2015) “quando misturado com a água e outros materiais de construção, tais como areia, pedra britada, pó-de-pedra, cal entre outros, resulta nos concretos e argamassas usados na construção civil”.
Para produzir o concreto a partir dos materiais e componentes, devem se seguir as seguintes operações:

- Dosagem: consiste em definir a quantidade de cada material a ser utilizado;
- Mistura dos materiais: consiste em unir os materiais de forma a obter uma pasta homogênea;
- Lançamento do concreto: operação de moldagem da mistura em formas;
- Adensamento: consiste em eliminar os vazios do concreto através da compactação, seja de forma manual ou mecânica.
- Cura: etapa em que ocorre a hidratação do cimento.

Caso haja o descumprimento de algum dos processos descritos, poderá influenciar na qualidade final do concreto.

3.6.1 Propriedades do concreto

3.6.1.1 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade do concreto de acordo com (BUNDER, 2015) é o conceito que identifica a menor ou maior aptidão do mesmo ser empregado sem perda de homogeneidade. Determina a facilidade com a qual os concretos podem ser misturados, lançados, adensados e acabados.

3.6.1.2 Resistência mecânica

Resistência mecânica é a capacidade que o concreto possui de suportar cargas sem se romper. As propriedades mecânicas predominantes no concreto são: a resistência à compressão e a resistência à tração. Neste trabalho foi analisada

apenas a resistência à compressão que, de acordo com BUNDER (2015), tem como influência, por exemplo, granulometria, natureza e dosagem do aglomerante, dimensão máxima, forma e textura superficial dos agregados, resistência e rigidez das partículas, relação água/cimento, porosidade, relação cimento/agregados, idade do concreto, grau de adensamento, condições de cura e de ensaio.

3.6.2 Concreto endurecido

No estado endurecido, o concreto com adição (presença da lama abrasiva) será avaliado quanto às propriedades mecânicas. No entanto, antes desta verificação devem-se seguir as orientações da NBR 5738 (ABNT 2015) para a moldagem dos corpos de prova do concreto convencional e daquele com adição do RCG.

3.6.2.1 Resistencia à compressão axial

A resistência à compressão será determinada seguindo as normas da NBR 5739 (ABNT5739, 2007), que consistem em aplicar cargas nos corpos de prova, com velocidades controladas, até a sua ruptura.

3.7 Utilização do RCG

O crescimento da exploração de rochas ornamentais traz como ponto de atenção a grande quantidade de resíduo gerada, que precisa ter uma destinação final definida.
No município de Barra de São Francisco – ES, a Associação Noroeste de Produtores de Rochas Ornamentais (ANPO) construiu um (CTR) Centro de Tratamento de Resíduos para o armazenamento da Lama Abrasiva proveniente do beneficiamento das rochas. A tabela 2 mostra o cenário da lama que foi levada ao aterro entre Janeiro/2013 e dezembro/2016.

Período	Quantidade de lama depositada
01/JAN A 30/JUN DE 2013	17.313,588 t
01/JUL A 30/DEZ DE 2013	17.377,886 t
01/JAN A 30/JUN DE 2014	18.384,982 t
01/JUL A 30/DEZ DE 2014	15.269,127 t
01/JAN A 30/JUN DE 2015	15.257,698 t
01/JUL A 30/DEZ DE 2015	20.157,530 t
01/JAN A DEZ DE 2016	35.007,993 t

Tabela 1 – Toneladas de lama depositadas no CTR – ANPO por período de tempo
Fonte: http://anpo.com.br

Conforme a ANPO as quantidades de RCG são grandes e as áreas necessárias para o aterro também. Foi feito um investimento de 1 milhão de reais no projeto, o que deixa claro o quanto o descarte de resíduos se torna caro desde a definição da destinação, além dos valores gastos com transporte e outros fatores.

O projeto do CTR - ANPO apresenta três etapas: A Primeira Célula (com uma capacidade para 118.000 m³ de resíduo); A Segunda Célula (com uma capacidade para 280.000 m³ de resíduo) e a Fábrica de Artefatos. Diante do cenário ambiental atual, a Fábrica de Artefatos se torna a grande aposta, pois prevê a retirada de lama do depósito para ser utilizada como matéria-prima para bloquetes, manilhas, lajotas e outros produtos.

Essa proposta condiz com o cenário geral do Brasil, que teve um aumento significativo quanto à reutilização de materiais na construção civil, tendo em vista resultados obtidos de forma a manter as propriedades, dos materiais substituídos, iguais ou até mesmo melhoradas. Estudos e aplicações do RCG com adição em diferentes materiais estão sendo cada vez mais constantes.

A exemplo do estudo feito por (MOURA, WASHINGTON ALMEIDA; LEITE, 2011), nos blocos produzidos em laboratório não houve diferença significativa entre a resistência à compressão dos blocos com RSRO e do bloco de referência (sem resíduo). Todos os resultados de absorção dos blocos atenderam ao limite

estabelecido pela NBR 7173 (ABNT, 1982). A absorção média dos blocos com até 15% de RSRO foi menor do que a absorção média dos blocos de referência.

De acordo com M(MOURA, WASHINGTON A *et al.*, 2002), estudos realizados comprovaram que a utilização de resíduo de corte de mármores e granitos para produção de lajotas apresentaram um ótimo resultado, uma vez que a resistência à compressão mostrou melhoras quanto a de referência, fazendo-se a utilização de 5% e 10% em relação a massa de areia.

Segundo FREIRE (2009), a adição de 10% do resíduo do corte de rochas ornamentais na confecção de blocos paisagísticos torna-se viável, uma vez que o estudo obteve uma menor porosidade dos blocos, maior ganho médio de resistência à compressão axial e as propriedades mecânicas e durabilidade foram satisfatórias quando comparados aos blocos sem a adição. Foi também analisado o uso desse resíduo do corte de granito em substituição do cimento em que, segundo (CRISTINA TRINDADE, 2015), o concreto com 10% da massa de cimento substituída pelo resíduo teve um resultado satisfatório, uma vez que atingiu valores próximos à resistência à compressão do concreto de referência. Em outra análise feita com a substituição do cimento, OLIVEIRA e MATOS (2006) mostram que, ao utilizar porcentagens entre 5% e 10% de resíduos de beneficiamento de granito, blocos cerâmicos e de concreto possuem como características, por exemplo, a não descaracterização quanto à geometria dos blocos, uma queda no índice de absorção de água com o aumento dos teores de resíduo, uma redução da porosidade e ainda, comparados aos blocos de referência, as propriedades mecânicas são similares nos cerâmicos e melhores nas propriedades mecânicas dos de concreto.

3.8 Legislação pertinente

Em todas as fases dos processos relacionados à exploração de rochas ornamentais, há ocorrência de problemas associados ao meio ambiente. Os aspectos e os impactos ambientais das minerações de rochas ornamentais começam ainda nas fases de prospecção e pesquisa mineral e prosseguem com a abertura da frente de lavra, implantação do empreendimento, extração, beneficiamento e refino da rocha propriamente dita segundo ALMEIDA (2006). Os problemas são comuns a todos os tipos de rocha, havendo pequenas variações quanto à severidade do impacto nas etapas de beneficiamento em função das técnicas utilizadas. Dentre os aspectos/impactos, destacam-se: desmatamento, geração e disposição de estéreis, ruídos, efluentes líquidos, poeira e problemas associados a recursos hídricos como assoreamento.

A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), é bastante atual e contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao país no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos.

Prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado).

De acordo com a Instrução Normativa nº 19 de 17/08/2005 do IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente, a empresa geradora é responsável pela segregação dos resíduos sólidos visando o seu reaproveitamento, não sendo permitida a deposição dos resíduos sólidos no solo sem os devidos controles de prevenção à degradação e à poluição do solo, hídrica e atmosférica.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

- Cimento Portland
- Agregado Miúdo
- Agregado Graúdo (brita)
- Lama Abrasiva
- Água

4.1.1 Cimento portland

Para elaboração dos traços estudados utilizou-se o cimento Portland CPIII - 40RS da empresa HOLCIN. Armazenou-se o material em local seco e bem protegido para preservação da qualidade. Apresenta-se na tabela 3 a composição deste material segundo a ABNT NBR 5735/1991.

Tabela 2 - Teores dos componentes do cimento Portland de alto-forno

Sigla	Classe de resistência	Componentes (% em massa)		
		Clíquer + sulfato de cálcio	Escória granulada de alto-forno	Metal carbonático
CP III	25	65-25	35-70	0-5
	32			
	40			

Tabela 2- Teores dos compostos do cimento Portland de alto-forno.
Fonte: ABNT NBR 5735/1991.

4.1.2. Agregado miúdo (Areia)

Para a produção dos traços de concreto estudados foi utilizada areia de fundo de rio, disponível em escala comercial na região de Aracruz. O material utilizado em todos os traços foi proveniente de lote único, caracterizado segundo a ABNT NBR 7211/1983.

4.1.3. Agregado graúdo (Brita)

Foi utilizado brita como agregado graúdo na confecção dos traços, sendo todo material de um único lote e disponível em escala comercial na região de Aracruz. Esse agregado foi classificado como brita um, levando-se em conta a sua caracterização granulométrica.

4.1.4 Lama abrasiva

O resíduo utilizado para a produção dos traços de concreto foi obtido na empresa Granitos Litoral Indústria e Comércio de Rochas Ornamentais, localizada em Ibiraçu, Espírito Santo. O material foi coletado em área reservada para armazenamento do mesmo, após passar por uma série de decantadores e silos, apresentando na coleta um teor muito alto de umidade

.

4.2 Métodos

4.2.1 Composição granulométrica do agregado miúdo (Areia)

Para obter-se a composição granulométrica do agregado miúdo, utilizado na fabricação dos traços de concreto, foi realizado ensaio de peneiramento utilizando um conjunto de peneiras sucessivas da série normal (com aberturas de 4,750; 2,360; 1,180; 0,600; 0,300 e 0,150 mm) conforme a figura 3, baseando-se nas determinações da ABNT NBR 248/2003. Utilizou-se 500g da amostra de areia no processo. A amostra foi seca em estufa por 24 horas em temperatura de 110°C e

resfriadas à temperatura ambiente. Após este procedimento a amostra foi peneirada e posteriormente realizada a pesagem das quantidades retidas em cada peneira. Como determinado em norma supracitada, esse ensaio foi realizado duas vezes e o resultado final foi determinado pela média dos dois ensaios. Obteve-se a dimensão máxima característica correspondente à abertura, em milímetros, da malha da peneira da porcentagem retida acumulada imediatamente inferior a 5% em massa. O módulo de finura foi obtido através da soma das porcentagens retidas acumuladas, nas peneiras da série normal dividido por 100.

Figura 4 - Peneiras sucessivas de série normal
Fonte: Arquivo pessoal.

4.2.2 Massa específica do agregado miúdo (Areia)

Através da utilização do frasco de Chapman apresentado na figura 5 determinou-se a massa específica do agregado miúdo, sendo o ensaio realizado conforme as diretrizes da ABNT NBR 9776/1987. Primeiramente foi adicionado água ao frasco de Chapman até a marca de 200 cm³, em seguida adicionamos 500g do agregado miúdo que foram secos previamente utilizando estufa a 110°C de temperatura.

Agitou-se o frasco, cautelosamente, com movimentos circulares, a fim de eliminar as bolhas de ar. Depois disso, foi realizada a leitura final do nível da água, que representa o volume de água deslocado pelo agregado. Com o resultado da leitura do frasco, determinamos a massa específica através da equação 1:

$$\gamma = \frac{500}{Li - 200} \qquad (Equação\ 1)$$

Figura 5 - Frasco de Chapman
Fonte: http://proetisa.com/fotos/productos

4.2.3 Teor de umidade do agregado miúdo (Areia)

Utilizando o frasco de Chapman consegue-se também determinar o teor de umidade característico do agregado miúdo, o ensaio foi realizado conforme as diretrizes da ABNT NBR 9775/1987. Adicionou-se água no frasco até a divisão de 200 cm³ e foi deixado em repouso até que a água escorra totalmente conforme é mostrado na figura 6. Em seguida, introduziu-se cuidadosamente 500g de agregado miúdo úmido

no frasco, agitando o mesmo para eliminar todas as bolhas de ar. A Leitura do nível atingido pela água no gargalo do frasco indica o volume da água mais o agregado úmido. A interpretação do resultado consistiu na leitura do ensaio e utilização da equação 2:

$$H = \frac{100.[\,500 - (\,Li - 200).\gamma]}{\gamma\,(\,L - 700)} \qquad (Equação\ 2)$$

Figura 6 - Utilização do frasco de Chapman para determinação de umidade
Fonte: Arquivo Pessoal

4.2.4 Lama abrasiva

Primeiramente parte da amostra coletada foi colocada em estufa por 24 horas e temperatura de 110 ºC a eliminação da umidade no material. Em seguida o material foi manualmente destorroado com gral e pistilo e posteriormente todo material foi passado em peneira de classe normal com abertura de 0,150 milímetros, afim de se obter uma homogeneidade granulométrica com características próximas a do material que estava sendo substituído em análise.

4.2.5 Estudo de dosagem do RCG para preparo dos concretos.

Baseando-se em um estudo realizado por (PEREIRA GONÇALVES, 2000), foi observado que os melhores resultados de desempenho do concreto quando submetido a substituição parcial de cimento por RCG foi com até 10% de substituição. Com o intuito de confirmar esses desempenhos, os teores de substituição do resíduo em relação ao cimento adotados para essa pesquisa foram de 5%, 15% e 30% além do concreto sem resíduo, que será o concreto de referência com 0% de substituição. Sendo assim o traço que foi utilizado como base foi de 1 kg de cimento, 2 kg agregado miúdo, 2,5 kg agregado graúdo e 0,5 litros/kg o fator água/cimento proporcionalmente.

4.2.6 Confecção dos corpos de prova

A confecção dos corpos de prova foi dividida em algumas etapas: definição do traço, preparo, moldagem, cura e rompimento.

O preparo do concreto, foi realizado com auxílio de uma betoneira CSM - CS 150L e a mistura dos materiais secos foram feitas na seguinte ordem: agregados graúdos, agregados miúdos, cimento e em seguida foi adicionada à água até a obtenção do concreto homogêneo. O mesmo processo foi realizado com os traços de concreto com adição do resíduo.

Após o preparo do concreto realizou-se a determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone ("Slump test") conforme a ABNT NBR 67/1998, em que avalia-se a trabalhabilidade do concreto em seu estado plástico, buscando medir sua consistência e avaliar se está adequado para o uso a que se destina, neste ensaio coloca-se uma massa de concreto dentro de uma forma tronco-cônica, formando três camadas igualmente adensadas, e aplica-se 25 golpes em cada camada, retira-se o molde lentamente e mede-se o abatimento que é representado pela diferença de altura entre o concreto desformado e a forma.

Posteriormente, foram moldados os corpos de provas cilíndricos, com as dimensões de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, de acordo ABNT NBR 5738/2008, para

corpos de prova cilíndrico com essas dimensões com adensamento manual, os números de golpes para o adensamento são definidos como 12 golpes por cada camada. Aguardou-se um dia de cura para desformar os corpos de prova. Foram elaborados dois corpos de prova para cada traço, tanto para o de referência, sem qualquer substituição de cimento por resíduo, como para os com substituição.

Após desformar, os corpos de prova foram submetidos à cura úmida, mantidos totalmente imersos em água até as datas programadas para rompimento dos mesmos, sendo essas datas estabelecidas como 7 dias, 14 dias, 21 dias e por fim 28 dias, sendo contados a partir da confecção dos corpos de prova.

Os corpos de prova foram submetidos à ruptura por compressão em prensa hidráulica conforme figura 7, sendo posicionado de modo centrado, com seu eixo coincidindo com o eixo da máquina, fazendo com que a resultante das forças passe pelo centro, seguindo os procedimentos determinados pela ABNT NBR 5739 /2007.

Figura 7 - Prensa hidráulica
Fonte: arquivo pessoal

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Lama abrasiva (RCG)

A empresa Granitos Litoral disponibilizou a análise do RCG realizada em janeiro de 2017, pelo CETAN (centro tecnológico de analises), em que classifica o resíduo como sendo Classe II B (inerte), conforme anexo A.

5.2 Agregado Miúdo

5.2.1. Determinação granulométrica do agregado miúdo (areia)

Foi realizado o ensaio de determinação granulométrica do agregado miúdo em duas amostras, conforme prescrições normativas da ABNT NBR 7217/1987. Foi determinado através desse ensaio o modulo de finura de 2,54 e diâmetro máximo de 1,18mm. Apresentamos nas tabelas 3 e 4 a seguir, os resultados obtidos nos dois ensaios, e o gráfico 3 apresenta a curva granulométrica obtida. A perda

ENSAIO 1					
Malha	Abertura (mm)	Quantidade Retida (g)	Quantidade Retida Acum.	Percentual Retido (%)	Percentual Retido Acum. (%)
4	4,750	1,935	1,935	0,39	0,39
8	2,360	0,487	2,422	0,10	0,49
16	1,180	2,816	5,238	0,56	1,05
30	0,600	28,708	33,946	5,76	6,81
50	0,300	214,109	248,055	42,94	49,75
100	0,150	221,013	469,068	44,33	94,08
Fundo	-	29,521	498,589	5,92	100,00
Total		498,589			
	Percentual de perda = 0,2822%				

Tabela 3- Primeiro ensaio para determinação granulométrica do agregado miúdo.
Fonte: Arquivo Pessoal

ENSAIO 2					
Malha	Abertura (mm)	Quantidade Retida (g)	Quantidade Retida Acum.	Percentual Retido (%)	Percentual Retido Acum. (%)
4	4,750	0,442	0,442	0,09	0,09
8	2,360	0,484	0,926	0,10	0,19
16	1,180	3,039	3,965	0,61	0,80
30	0,600	32,087	36,052	6,44	7,23
50	0,300	220,393	256,445	44,21	51,44
100	0,150	217,566	474,011	43,64	95,08
Fundo	-	24,526	498,537	4,92	100,00
Total		498,537			254,82
	Percentual de perda = 0,2926%				

Tabela 4 - Segundo ensaio para determinação granulométrica do agregado miúdo.
Fonte: Arquivo Pessoal.

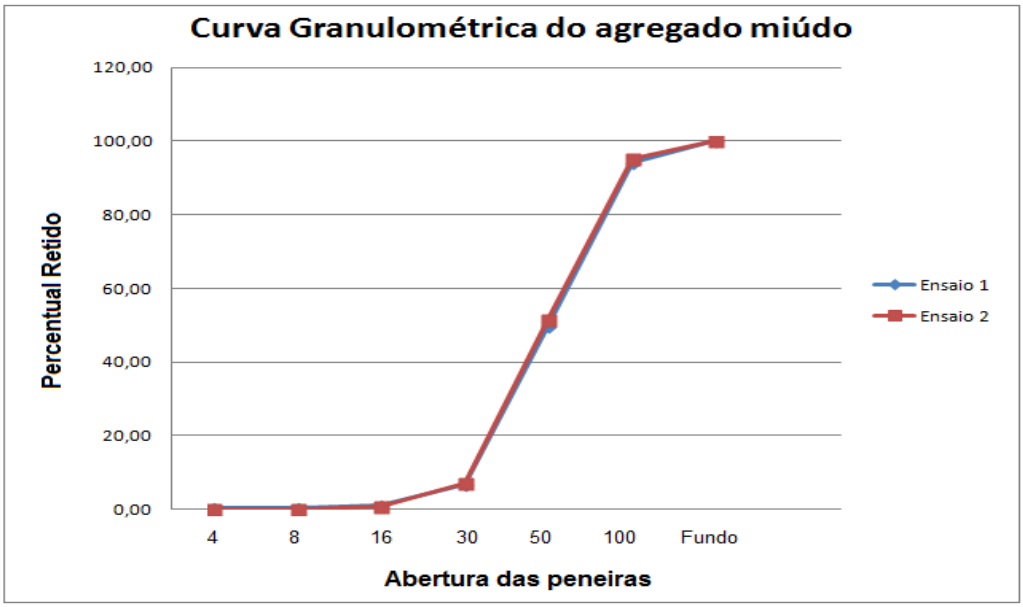

Gráfico 3 – Curva Granulométrica do agregado Miúdo.
Fonte: Arquivo Pessoal.

Analisado os resultados de determinação granulométrica do agregado miúdo (areia), e conforme a NBR 6502 (1995), pode se definir que a areia utilizada é classificada com areia média, atendendo aos requisitos para a confecção dos traços de concreto estrutural.

5.2.2. Determinação da massa específica do agregado miúdo (Areia)

Conforme as diretrizes da ABNT NBR 9776/1987 obteve-se a massa específica do agregado miúdo (areia), utilizando-se o frasco de Chapman conforme a figura 8.

Utilizando a média referente aos valores obtidos através do ensaio, o valor da massa especifica encontrada foi 2,663 g/cm³, valor este em que utiliza-se na equação 2 para determinar-se o teor de umidade do agregado miúdo.

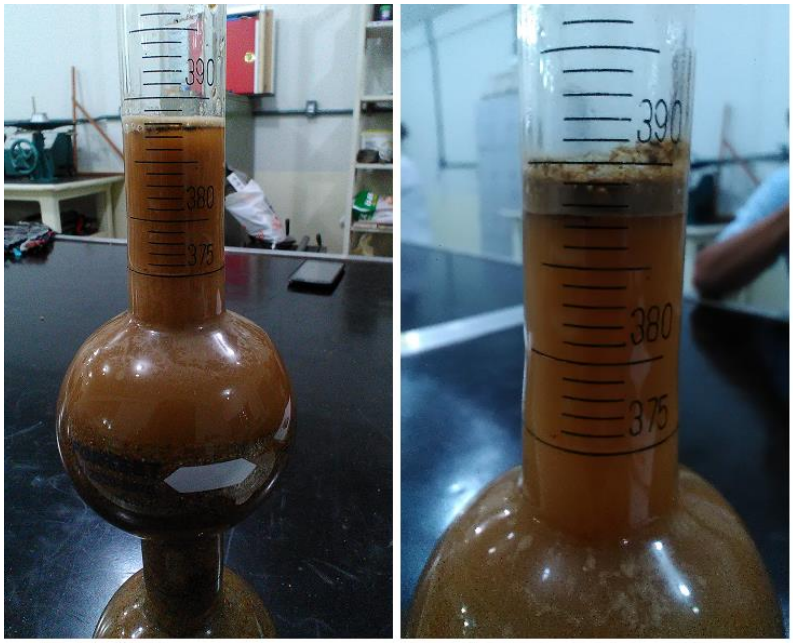

Figura 8 - Ensaio de determinação da massa especifica do agregado miúdo.
Fonte: Arquivo pessoal.

5.2.3.Teor de umidade do agregado miúdo (Areia)

O teor de umidade característico encontrado na amostra, conforme equação 2, foi de 7,67% e o ensaio seguiu os procedimentos estabelecidos em norma, utilizando o frasco de Chapman e o resultado obtido foi através da média de duas leituras consecutivas, feitas com amostras do mesmo agregado miúdo, colhidas ao mesmo tempo. Conforme resultado apresentado, a porcentagem do teor de umidade da areia não influenciou no fator agua cimento do traço do concreto.

5.3 Ensaio de compressão axial

Os testes de compressão dos corpos de prova foram realizados no laboratório das Faculdades Integradas de Aracruz (FAACZ), com a prensa hidráulica da marca SOLOTEST com a capacidade de 100 tonelada de força, obedecendo todas as diretrizes da NBR 5739 (2007), em que os resultados obtidos foram extraídos para a tabela 5 e copilados para o gráfico 5, com a finalidade de maior análise de informações conforme segue abaixo:

IDADE	*Referência*		*5%*		*15%*		*30%*	
	AMOSTRA 01 (MPa)	AMOSTRA 02 (MPa)	AMOSTRA 01 (MPa)	AMOSTRA 02 (MPa)	AMOSTRA 01 (MPa)	AMOSTRA 02 (MPa)	AMOSTRA 01 (MPa)	AMOSTRA 02 (MPa)
7 dias	11,21	11,5	14,5	14,99	12,06	11,91	10,95	10,84
14 dias	18,08	18,3	17,24	18,08	18,13	18,07	15,22	14,83
21 dias	21,9	21,25	22,69	22,93	21,84	21,33	16,51	17
28 dias	22,11	21,52	23,93	23,08	16,51	17	17,51	17,17

Tabela 5 – Resultados do ensaio de compressão axial.
Fonte: Arquivo Pessoal.

A média dos resultados dos ensaios de compressão para cura de 7, 14, 21 e 28 dias, para o concreto de referência, concreto com 5% ,15% e 30% de adição do resíduo do corte de rochas são retratados conforme gráfico 5.

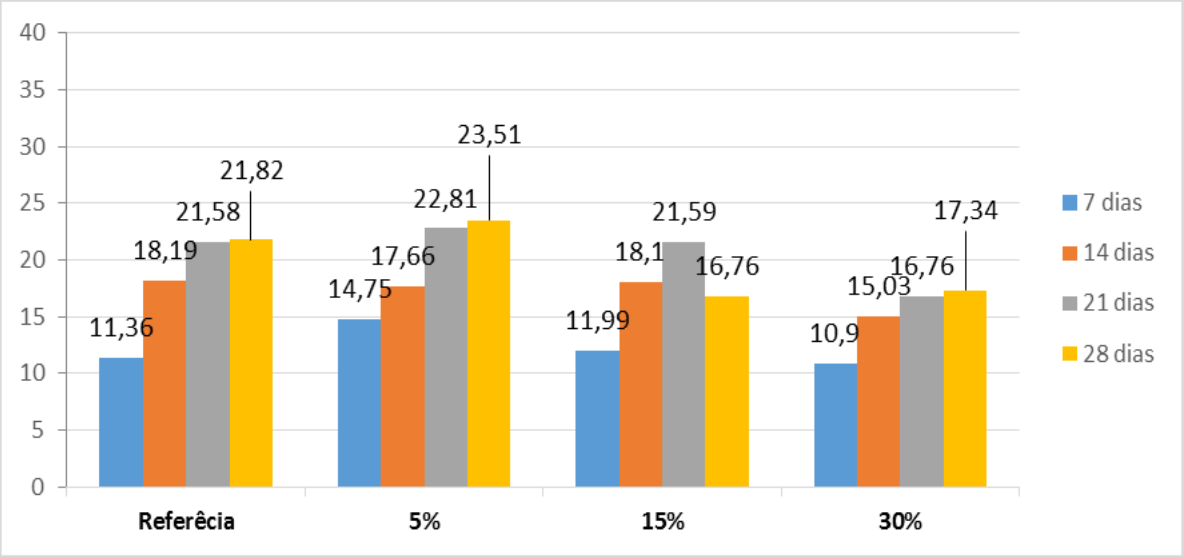

Gráfico 4 - Médias dos valores das amostras (Mpa).
Fonte: Arquivo Pessoal

Analisando-se o gráfico 5 pode-se notar que a média dos valores de resistência à compressão do concreto de referência quando comparado ao do concreto de 5% de adição do RCG, existe uma variação crescente dos resultados obtidos. Continuando esta análise, observamos que para o concreto de 15% de adição do RCG, obteve-se uma variação crescente nas idades de 7,14 e 21 dias, porém verifica-se que o valor na idade de 28 dias apresentou variação consideravelmente negativa. Segundo TRINDADE (2015), para se discutir valores abaixo do esperado seria necessário realizar a análise química e análise da microestrutura. Desta maneira, realizando a análise química seria possível verificar quais os constituintes estão presentes no resíduo e com a análise da microestrutura como o resíduo influenciou na densificação do concreto. Para entender o motivo de isso ter acontecido, seriam necessárias, em um outro estudo, análises na composição do bloco, testes com mais tempo de cura do concreto ou, até mesmo, a repetição do traço. O concreto de 30% de adição de RCG, por sua vez, obteve uma variação crescente, porém se comparado ao concreto de referência não atinge valores satisfatórios, pois a

resistência é inferior. Entretanto, visando uma utilização em outras áreas, como por exemplo concreto de pavimentação, talvez fosse viável, dependendo de estudos que fossem feitos nessa área de aplicação, que não é o foco deste trabalho.

O abatimento do tronco de cone (slump test) do concreto de referência, do concreto com 5% e 15% de substituição foram satisfatórios, uma vez que alcançaram os resultados de abatimento entre 60mm e 80mm. Para o concreto com adição de 30% do RCG, não foi satisfatório, uma vez em que houve várias correções do fator agua cimento.

6. CONCLUSÃO

A melhor forma de reduzir o impacto ambiental gerado pelos resíduos é estudar uma maneira de reutilizá-los. Para isso, deve-se seguir a metodologia adequada, a partir das definições em normas atuais e realizar estudos. Isto é necessário para comprovar que a reutilização do resíduo é viável e atinge o desempenho desejado para o concreto com substituição parcial da massa do cimento pelo resíduo.

Para o concreto com 5% da massa de cimento substituída pelo resíduo o resultado foi satisfatório, uma vez que se atingiu valor de resistência maior se comparado ao concreto de referência. Conclui-se que há possibilidade de sua utilização. Mesmo parecendo uma porcentagem não tão significativa, se levarmos em consideração a quantidade de concreto produzida todos os dias e reforçando principalmente os benefícios trazidos ao meio ambiente, uma vez que este tipo de resíduo não seria mais lançado em aterros, lixões e terrenos baldios, essa destinação final ao resíduo seria perfeitamente viável se analisado a resistência à compressão e também o ponto de vista ambiental.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Baseado nos estudos e resultados apresentados por este trabalho, recomenda-se, para futuros trabalhos, a verificação da viabilidade econômica para o complemento do tema supracitado. Outro ponto a ser estudado, seria a justificativa do comportamento inesperado do concreto com 15% de substituição conforme gráfico 5 apresentado.

A análise química e de microestrutura também são de extrema importância para estudos posteriores.

Por fim, indicamos a substituição com valores no intervalo de 5% a 10%, bem como a possibilidade de utilização das substituições deste trabalho em outras áreas de atuação, como por exemplo o concreto de pavimentação, conforme citado no texto.

REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABNT NBR 5738, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, 2015. Disponível em: <http://www.construpac.com.br/pdf/NBR5738.pdf>. Acesso em: 14 out. 2017.

ABNT NBR 10004, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. Concreto – Residuos sólidos - Classificação, 2004. Disponível em: <http://www.unaerp.br/documentos/2234-abnt-nbr-10004/file. Acesso em: 16 out. 2017.

ABNT NBR NM 67, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone - Classificação, 1998. Disponível em: <http://www.unaerp.br/documentos/-abnt-nbr-6502/file. Acesso em: 16 out. 2017.

ABNT NBR 6502, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. ROCHAS E SOLOS, 1995. Disponível em: <http://www.construpac.com.br/pdf/NBR5738.pdf>. Acesso em: 16 out. 2017.

ABNT NBR 5739, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, 2007. Disponível em: <http://www.construpac.com.br/pdf/NBR5738.pdf>. Acesso em: 14 out. 2017.

ABNT12655, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento - Procedimento. , 2015. Disponível em: <http://www.construpac.com.br/pdf/NBR12655.pdf>. Acesso em: 14 out. 2017.

BAPTISTA KALIL, Silvia Maria. ALVENARIA ESTRUTURAL. , 2005. Disponível em: <http://www.feng.pucrs.br/professores/soares/Topicos_Especiais_-_Estruturas_de_Madeira/Alvenaria.pdf>. Acesso em: 13 out. 2017.

BUNDER, Jeferson. O Concreto: sua origem, sua história. , 2015. Disponível em:<https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/51155957/Concreto._Sua_origem__sua_historia.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1507912143&Signature=r5vlY%2Fr4UfyxuuL%2Fa2XoP31jlUg%3D&response-content-disposition=inline%3B filename%3DO_CONCR>. Acesso em: 13 out. 2017.

CRISTINA TRINDADE, Bruna. ADIÇÃO DE RESÍDUO PROVENIENTE DO CORTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO CONCRETO. p. 58 , 2015. Disponível em: <https://repositorioinstitucional.uniformg.edu.br:21074/xmlui/bitstream/handle/123456789/291/TCC_BrunaCristinaTrindade - Gravar CD.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 set. 2017.

GONÇALVES DE SOUSA, JOSÉ. ANÁLISE AMBIENTAL DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS COM VISTAS A UMA PRODUÇÃO MAIS LIMPA: APLICAÇÃO EM CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM - ES. , 2007. Disponível em: <http://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/José-Gonçalves-de-Souza.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2017.

HELENE, Paulo; DE, Universidade; PAULO, São. Concreto de Cimento Portland. , 2010. Disponível em: <http://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc48.pdf>. Acesso em: 14 out. 2017.

MOURA, Washington A *et al.* UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE CORTE DE MÁRMORE E GRANITO EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO E CONFECÇÃO DE LAJOTAS PARA PISO. v. 26, p. 49–61 , 2002. Disponível em: <http://www2.uefs.br/sitientibus/pdf/26/utilizacao_do_residuo_de_corte_de_marmore.pdf>. Acesso em: 13 out. 2017.

MOURA, Washington Almeida; LEITE, Mônica Batista. 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** v. 64, n. 2, p. 147–154 , jun. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672011000200003&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 13 out. 2017.

PEREIRA GONÇALVES, Jardel. UTILIZAÇÃO DO RESIDUO DE GRANITO (RGC) COMO ADIÇÃO PARA PRODUÇÃO DE CONCRETO. , 2000. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1676/000305830.pdf?sequence=1>. Acesso em: 23 set. 2017.

SARDOU FILHO, RUBEN *et al.* ATLAS DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. , 2013. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/atlas_rochas_ES.pdf>. Acesso em: 13 out. 2017.

SOARES, RUBIELLY BASTOS. CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA DURABILIDADE DE CONCRETOS PRODUZIDOS COM A INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS. , 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/3978/1/tese_8480_Rubielly Bastos Soares.pdf>. Acesso em: 23 set. 2017.

SOUZA DE OLIVEIRA, Liliane. REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE MARMORARIA EM COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS. , 2015. Disponível em: <https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppmec/Liliane Souza de Oliveira(1).pdf>. Acesso em: 23 set. 2017.

ANEXO A - RELATÓRIO DE ENSAIO CETAN

CETAN - Centro Tecnológico de Análises

Rua Castelo Branco, 1269, Centro, Vila Velha-ES, CEP: 29100-041
Tel.: 27-3345-3011, e-mail: cetan@cetan.com.br
home page: www.cetan.com.br CNPJ 04.927.092/0002-91

NBR ISO 17025:2005

Relatório de Ensaios CETAN Nº 0048/17

Revisão 00

Cliente	Granito's Litoral Ltda., CNPJ: 00.245.127/0001-70	**Telefone**	(27) 3257-1774
Endereço	Rua Ciro Anselmo Cecato, nº 250, São Cristovão, Ibiraçu-ES, CEP 29670-000	**Contato(s)**	Victória de Abreu
e-mail	producao@granitoslitoral.com.br	**Fax**	(27) 98127-0010
Amostra(s)	Resíduo Industrial	**Recepção**	06/01/17

Amostra	Lama Abrasiva (depósito de lama)	**Código**	0048/17-01	**Coleta em**	05/01/17 09:40
Coordenadas UTM DATUM WGS84	0356121/7807860				

Ensaio	Resultado	Unidade	Limite aceitável (L1)	LQ	Método	Data do Ensaio
-EXTRATO LIXIVIADO-						
Massa de Amostra pesada	**100 ± 0,1**	g	--	--	NBR-10005:2004	06/01/17
pH após adição de ácido (ac)	**3 ± 1**	--	--	1 a 14	NBR-10005:2004 e SM-4500-H+B	06/01/17
pH da Amostra (ac)	**11 ± 1**	--	--	1 a 14	NBR-10005:2004 e SM-4500-H+B	06/01/17
pH Final/Extrato Lixiviado (ac)	**4 ± 1**	--	--	1 a 14	NBR-10005:2004 e SM-4500-H+B	07/01/17
Solução de extração	**1**	--	--	--	NBR-10005:2004	06/01/17
Tempo de lixiviação	**18**	h	--	--	NBR-10005:2004	07/01/17
Teor de sólidos secos (ac)	**85 ± 0,91**	%	--	1	NBR-10005:2004 / IT-FQ-086 Rev.3	06/01/17
Volume de lixiviado (ac)	**2000 ± 20**	mL	--	--	NBR-10005:2004	07/01/17
-Parâmetros Inorgânicos-						
Bário total (ac)	**0,2 ± 0,011**	mg/L	70	0,005	IT-MT-001/IT-MT-002	11/01/17
Cádmio total (ac)	**<0,13**	mg/L	0,5	0,13	IT-MT-001/IT-MT-002	11/01/17
Chumbo total (ac)	**<0,12**	mg/L	1	0,12	IT-MT-001/IT-MT-002	11/01/17
Cromo total (ac)	**<0,11**	mg/L	5	0,11	IT-MT-001/IT-MT-002	11/01/17
Fluoreto (ac)	**0,1 ± 0,002**	mg/L	150	0,01	SM 4110 B/IT-IC-001 Rev.2	11/01/17
Prata total (ac)	**<0,11**	mg/L	5	0,11	IT-MT-001/IT-MT-002	11/01/17
--Orgânicos--						
Cloreto de Vinila	**<0,1**	µg/L	500	0,1	EPA 502-2	12/01/17
-Fenóis por Cromatografia (ASTM)-						
Fenol (ac)	**2,8 ± 0,20**	µg/L	--	0,37	ASTM D2580	09/01/17
2-Clorofenol (ac)	**<0,33**	µg/L	--	0,33	ASTM D2580	09/01/17
2-Metil 4,6-Dinitrofenol (ac)	**<0,34**	µg/L	--	0,34	ASTM D2580	09/01/17
o-Cresol (2-Metilfenol) (ac)	**<0,37**	µg/L	200000	0,37	ASTM D2580	09/01/17
m+p-Cresol (3+4-Metilfenol) (ac)	**<0,4**	µg/L	400000	0,4	ASTM D2580	09/01/17
2-Nitrofenol (ac)	**<0,23**	µg/L	--	0,23	ASTM D2580	09/01/17
2,3,4,6-Tetraclorofenol (ac)	**<0,32**	µg/L	--	0,32	ASTM D2580	09/01/17
2,4-Diclorofenol (ac)	**<0,35**	µg/L	--	0,35	ASTM D2580	09/01/17
2,4-Dimetilfenol (ac)	**<0,22**	µg/L	--	0,22	ASTM D2580	09/01/17
2,4,5-Triclorofenol (ac)	**<0,32**	µg/L	400000	0,32	ASTM D2580	09/01/17
2,4,6-Triclorofenol (ac)	**<0,27**	µg/L	20000	0,27	ASTM D2580	09/01/17
2,6-Diclorofenol (ac)	**<0,36**	µg/L	--	0,36	ASTM D2580	09/01/17
4-Cloro 3-Metilfenol (ac)	**0,5 ± 0,029**	µg/L	--	0,31	ASTM D2580	09/01/17
4-Nitrofenol (ac)	**<0,33**	µg/L	--	0,33	ASTM D2580	09/01/17
Pentaclorofenol (ac)	**<0,42**	µg/L	900	0,42	ASTM D2580	09/01/17
-PAHs Discriminados e Total-						
Naftaleno (ac)	**<0,49**	µg/L	--	0,49	IT-CR-004	12/01/17
Acenaftileno (ac)	**<0,72**	µg/L	--	0,72	IT-CR-004	12/01/17
Acenafteno (ac)	**<0,51**	µg/L	--	0,51	IT-CR-004	12/01/17
Fluoreno (ac)	**<0,59**	µg/L	--	0,59	IT-CR-004	12/01/17
Fenantreno (ac)	**<0,57**	µg/L	--	0,57	IT-CR-004	12/01/17
Antraceno (ac)	**<0,63**	µg/L	--	0,63	IT-CR-004	12/01/17
Fluoranteno (ac)	**<0,52**	µg/L	--	0,52	IT-CR-004	12/01/17
Pireno (ac)	**<0,55**	µg/L	--	0,55	IT-CR-004	12/01/17
Benzo(a)Antraceno (ac)	**<0,04**	µg/L	--	0,04	IT-CR-004	12/01/17
Criseno (ac)	**<0,04**	µg/L	--	0,04	IT-CR-004	12/01/17
Benzo(b)Fluoranteno (ac)	**<0,04**	µg/L	--	0,04	IT-CR-004	12/01/17
Benzo(k)Fluoranteno (ac)	**<0,04**	µg/L	--	0,04	IT-CR-004	12/01/17
Benzo(a)pireno (ac)	**<0,04**	µg/L	70	0,04	IT-CR-004	12/01/17
Dibenzo(a,h)Antraceno (ac)	**<0,04**	µg/L	--	0,04	IT-CR-004	12/01/17
Indeno[1,2,3-cd]Pireno (ac)	**<0,04**	µg/L	--	0,04	IT-CR-004	12/01/17
Benzo(g,h,i)Perileno (ac)	**<0,55**	µg/L	--	0,55	IT-CR-004	12/01/17
PAHs-Total (ac)	**<0,72**	µg/L	--	0,72	IT-CR-004	12/01/17

Os resultados deste relatório se restringem às amostras ensaiadas e o mesmo somente poderá ser reproduzido em sua totalidade. O prazo de guarda de contra-provas de amostras é de 07 dias após emissão do relatório de ensaios (48h para amostras perecíveis). A designação do ponto de amostragem é de responsabilidade do cliente. Em amostras ambientais, os documentos "Plano de Amostragem/Cadeia de Custódia" (utilizando dados do FO-UGQ-065 - Plano de Amostragem) e "Relatório Fotográfico" são partes integrantes deste Relatório de Ensaios.

Página: 1/4

CETAN - Centro Tecnológico de Análises

Rua Castelo Branco, 1269, Centro, Vila Velha-ES, CEP: 29100-041
Tel.: 27-3345-3011, e-mail: cetan@cetan.com.br
home page: www.cetan.com.br CNPJ 04.927.092/0002-91

NBR ISO 17025:2005

Relatório de Ensaios CETAN Nº 0048/17

Revisão 00

Cliente	Granito's Litoral Ltda., CNPJ: 00.245.127/0001-70	**Telefone**	(27) 3257-1774
Endereço	Rua Ciro Anselmo Cecato, nº 250, São Cristovão, Ibiraçu-ES, CEP 29670-000	**Contato(s)**	Victória de Abreu
e-mail	producao@granitoslitoral.com.br	**Fax**	(27) 98127-0010
Amostra(s)	Resíduo Industrial	**Recepção**	06/01/17

Amostra	Lama Abrasiva (depósito de lama)	**Código**	0048/17-01	**Coleta em**	05/01/17 09:40
Coordenadas UTM DATUM WGS84	0356121/7807860				

Ensaio	Resultado	Unidade	Limite aceitável (L1)	LQ	Método	Data do Ensaio
-Aminas e Cloraminas-						
Monocloramina (ac)	**<0,01**	mg/L	--	0,01	SM 4500 Cl	10/01/17
Dicloramina (ac)	**<0,01**	mg/L	--	0,01	SM 4500 Cl	10/01/17
N-Nitrosodifenilamina	**<0,2**	µg/L	--	0,2	EPA 8070-A	10/01/17
N-Nitrosodimetilamina	**<0,2**	µg/L	--	0,2	EPA 8070-A	10/01/17
N-Nitrosodi-n-propilamina	**<0,2**	µg/L	--	0,2	EPA 8070-A	10/01/17
-Outros-						
Alumínio total (ac)	**1,5 ± 0,12**	mg/L	--	0,033	SM 3500-Al B/IT-FQ-034	12/01/17
Ferro total (ac)	**25,3 ± 0,59**	mg/L	--	0,094	IT-MT-001/IT-MT-002	12/01/17
Estanho total (ac)	**0,05 ± 0,006**	mg/L	--	0,005	IT-MT-001/IT-MT-002	12/01/17
Cobre total (ac)	**0,06 ± 0,04**	mg/L	--	0,5	IT-MT-001/IT-MT-002	12/01/17
Manganês total (ac)	**0,12 ± 0,0064**	mg/L	--	0,088	IT-MT-001/IT-MT-002	12/01/17
Níquel total (ac)	**<0,005**	mg/L	--	0,005	IT-MT-001/IT-MT-002	12/01/17
Silício total (sc)	**10,2 ± 0,09**	mg/L	--	0,0001	EPA 6010-C	12/01/17
Zinco total (ac)	**0,98 ± 0,075**	mg/L	--	0,021	IT-MT-001/IT-MT-002	12/01/17
Vanádio total (ac)	**<0,011**	mg/L	--	0,011	IT-MT-001/IT-MT-002	12/01/17
Cloreto (ac)	**15,1 ± 0,18**	mg/L	--	0,01	SM 4110 B/IT-IC-001 Rev.2	12/01/17
Ensaio	**Resultado**	**Unidade**	**Limite aceitável (L2)**	**LQ**	**Método**	**Data do Ensaio**
-EXTRATO SOLUBILIZADO-						
pH Final/Extrato Solubilizado (ac)	**10 ± 1**	--	--	1 a 14	NBR-10006:2004 e SM-4500-H+B	13/01/17
Teor de umidade (ac)	**15 ± 0,077**	%	--	1	NBR-10006:2004 / IT-FQ-086 Rev.3	06/01/17
-Parâmetros Inorgânicos-						
Alumínio total (ac)	**0,18 ± 0,0075**	mg/L	0,2	0,033	SM 3500-Al B/IT-FQ-034	16/01/17
Bário total (ac)	**0,1 ± 0,0076**	mg/L	0,7	0,005	IT-MT-001/IT-MT-002	16/01/17
Cádmio total (ac)	**<0,0002**	mg/L	0,005	0,0002	IT-MT-001/IT-MT-002	16/01/17
Chumbo total (ac)	**<0,002**	mg/L	0,01	0,002	IT-MT-001/IT-MT-002	16/01/17
Cloreto (ac)	**9,5 ± 0,029**	mg/L	250	0,01	SM 4110 B/IT-IC-001 Rev.2	16/01/17
Cobre total (ac)	**<0,5**	mg/L	2	0,5	IT-MT-001/IT-MT-002	16/01/17
Cromo total (ac)	**<0,0011**	mg/L	0,05	0,0011	IT-MT-001/IT-MT-002	16/01/17
Ferro total (ac)	**0,25 ± 0,013**	mg/L	0,3	0,094	IT-MT-001/IT-MT-002	16/01/17
Fluoreto (ac)	**<0,01**	mg/L	1,5	0,01	SM 4110 B/IT-IC-001 Rev.2	16/01/17
Manganês total (ac)	**<0,088**	mg/L	0,1	0,088	IT-MT-001/IT-MT-002	16/01/17
Prata total (ac)	**<0,001**	mg/L	0,05	0,001	IT-MT-001/IT-MT-002	16/01/17
Zinco total (ac)	**<0,021**	mg/L	5	0,021	IT-MT-001/IT-MT-002	16/01/17
-Fenóis por Cromatografia (ASTM)-						
Fenol (ac)	**3,8 ± 0,26**	µg/L	--	0,37	ASTM D2580	18/01/17
2-Clorofenol (ac)	**<0,33**	µg/L	--	0,33	ASTM D2580	18/01/17
2-Metil 4,6-Dinitrofenol (ac)	**<0,34**	µg/L	--	0,34	ASTM D2580	18/01/17
o-Cresol (2-Metilfenol) (ac)	**<0,37**	µg/L	--	0,37	ASTM D2580	18/01/17
m+p-Cresol (3+4-Metilfenol) (ac)	**<0,4**	µg/L	--	0,4	ASTM D2580	18/01/17
2-Nitrofenol (ac)	**<0,23**	µg/L	--	0,23	ASTM D2580	18/01/17
2,3,4,6-Tetraclorofenol (ac)	**<0,32**	µg/L	--	0,32	ASTM D2580	18/01/17
2,4-Diclorofenol (ac)	**<0,35**	µg/L	--	0,35	ASTM D2580	18/01/17
2,4-Dimetilfenol (ac)	**<0,22**	µg/L	--	0,22	ASTM D2580	18/01/17
2,4,5-Triclorofenol (ac)	**<0,32**	µg/L	--	0,32	ASTM D2580	18/01/17
2,4,6-Triclorofenol (ac)	**<0,27**	µg/L	--	0,27	ASTM D2580	18/01/17
2,6-Diclorofenol (ac)	**<0,36**	µg/L	--	0,36	ASTM D2580	18/01/17
4-Cloro 3-Metilfenol (ac)	**<0,31**	µg/L	--	0,31	ASTM D2580	18/01/17
4-Nitrofenol (ac)	**<0,33**	µg/L	--	0,33	ASTM D2580	18/01/17
Pentaclorofenol (ac)	**<0,42**	µg/L	--	0,42	ASTM D2580	18/01/17
Fenol total (ac)	**3,8 ± 0,26**	µg/L	10	0,42	ASTM D2580	18/01/17

Os resultados deste relatório se restringem às amostras ensaiadas e o mesmo somente poderá ser reproduzido em sua totalidade. O prazo de guarda de contra-provas de amostras é de 07 dias após emissão do relatório de ensaios (48h para amostras perecíveis). A designação do ponto de amostragem é de responsabilidade do cliente. Em amostras ambientais, os documentos "Plano de Amostragem/Cadeia de Custódia" (utilizando dados do FO-UGQ-065 - Plano de Amostragem) e "Relatório Fotográfico" são partes integrantes deste Relatório de Ensaios.

CETAN - Centro Tecnológico de Análises

Rua Castelo Branco, 1269, Centro, Vila Velha-ES, CEP: 29100-041
Tel.: 27-3345-3011, e-mail: cetan@cetan.com.br
home page: www.cetan.com.br CNPJ 04.927.092/0002-91

NBR ISO 17025:2005

Relatório de Ensaios CETAN Nº 0048/17

Revisão 00

Cliente	Granito's Litoral Ltda., CNPJ: 00.245.127/0001-70	**Telefone**	(27) 3257-1774
Endereço	Rua Ciro Anselmo Cecato, nº 250, São Cristovão, Ibiraçu-ES, CEP 29670-000	**Contato(s)**	Victória de Abreu
e-mail	producao@granitoslitoral.com.br	**Fax**	(27) 98127-0010
Amostra(s)	Resíduo Industrial	**Recepção**	06/01/17

Amostra	Lama Abrasiva (depósito de lama)	**Código**	0048/17-01	**Coleta em**	05/01/17 09:40
Coordenadas UTM DATUM WGS84	0356121/7807860				

Ensaio	Resultado	Unidade	Limite aceitável (L2)	LQ	Método	Data do Ensaio
-PAHs Discriminados e Total-						
Naftaleno (ac)	**<0,49**	µg/L	--	0,49	IT-CR-004	17/01/17
Acenaftileno (ac)	**<0,72**	µg/L	--	0,72	IT-CR-004	17/01/17
Acenafteno (ac)	**<0,51**	µg/L	--	0,51	IT-CR-004	17/01/17
Fluoreno (ac)	**<0,59**	µg/L	--	0,59	IT-CR-004	17/01/17
Fenantreno (ac)	**<0,57**	µg/L	--	0,57	IT-CR-004	17/01/17
Antraceno (ac)	**<0,63**	µg/L	--	0,63	IT-CR-004	17/01/17
Fluoranteno (ac)	**<0,52**	µg/L	--	0,52	IT-CR-004	17/01/17
Pireno (ac)	**<0,55**	µg/L	--	0,55	IT-CR-004	17/01/17
Benzo(a)Antraceno (ac)	**<0,04**	µg/L	--	0,04	IT-CR-004	17/01/17
Criseno (ac)	**<0,04**	µg/L	--	0,04	IT-CR-004	17/01/17
Benzo(b)Fluoranteno (ac)	**<0,04**	µg/L	--	0,04	IT-CR-004	17/01/17
Benzo(k)Fluoranteno (ac)	**<0,04**	µg/L	--	0,04	IT-CR-004	17/01/17
Benzo(a)pireno (ac)	**<0,04**	µg/L	--	0,04	IT-CR-004	17/01/17
Dibenzo(a,h)Antraceno (ac)	**<0,04**	µg/L	--	0,04	IT-CR-004	17/01/17
Indeno[1,2,3-cd]Pireno (ac)	**<0,04**	µg/L	--	0,04	IT-CR-004	17/01/17
Benzo(g,h,i)Perileno (ac)	**<0,55**	µg/L	--	0,55	IT-CR-004	17/01/17
PAHs-Total (ac)	**<0,72**	µg/L	--	0,72	IT-CR-004	17/01/17
-Aminas e Cloraminas-						
Monocloramina (ac)	**<0,01**	mg/L	--	0,01	SM 4500 Cl	16/01/17
Dicloramina (ac)	**<0,01**	mg/L	--	0,01	SM 4500 Cl	16/01/17
N-Nitrosodifenilamina	**<0,2**	µg/L	--	0,2	EPA 8070-A	16/01/17
N-Nitrosodimetilamina	**<0,2**	µg/L	--	0,2	EPA 8070-A	16/01/17
N-Nitrosodi-n-propilamina	**<0,2**	µg/L	--	0,2	EPA 8070-A	16/01/17
-Outros-						
Cloreto de Vinila	**<0,1**	µg/L	--	0,1	EPA 502-2	18/01/17
Estanho total (ac)	**<0,005**	mg/L	--	0,005	IT-MT-001/IT-MT-002	18/01/17
Níquel total (ac)	**<0,005**	mg/L	--	0,005	IT-MT-001/IT-MT-002	18/01/17
Silício total (sc)	**5,1 ± 0,048**	mg/L	--	0,0001	EPA 6010-C	18/01/17
Vanádio total (ac)	**<0,011**	mg/L	--	0,011	IT-MT-001/IT-MT-002	18/01/17

Legenda

(L1): NBR 10.005:2004 - Lixiviação
(L2): NBR 10.006:2004 - Solubilização
R ± U: Resultado do Ensaio (R) e sua respectiva incerteza expandida (U) baseada em uma incerteza padronizada combinada multiplicada por um fator de abrangência k = 2, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.
(ac): Ensaio auditado pelo sistema da qualidade baseado na norma NBR ISO/IEC 17025:2005.
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22a Ed., 2012.
IT-: Instrução de Trabalho baseada em metodologias oficiais e validada de acordo com a norma NBR ISO/IEC 17025:2005.
EPA: Environmental Protection Agency.
ASTM: American Society for Testing Materials.
(sc): Ensaio subcontratado com laboratório competente.
LQ: Limite de Quantificação praticável. Em ensaios químicos o Limite de Detecção (LD) = LQ÷3,3.

Observações

Este Relatório de Ensaios atende integralmente às Instruções Normativas 02/2009 e 15-N/2016 do IEMA.

Conclusão: Amostra de acordo com os padrões vigentes, sendo classificada como Resíduo Classe II B (Inerte) segundo a NBR 10.004:2004

Os resultados deste relatório se restringem às amostras ensaiadas e o mesmo somente poderá ser reproduzido em sua totalidade. O prazo de guarda de contra-provas de amostras é de 07 dias após emissão do relatório de ensaios (48h para amostras perecíveis). A designação do ponto de amostragem é de responsabilidade do cliente. Em amostras ambientais, os documentos "Plano de Amostragem/Cadeia de Custódia" (utilizando dados do FO-UGQ-065 - Plano de Amostragem) e "Relatório Fotográfico" são partes integrantes deste Relatório de Ensaios.

CETAN - Centro Tecnológico de Análises

Rua Castelo Branco, 1269, Centro, Vila Velha-ES, CEP: 29100-041
Tel.: 27-3345-3011, e-mail: cetan@cetan.com.br
home page: www.cetan.com.br CNPJ 04.927.092/0002-91

NBR ISO 17025:2005

Relatório de Ensaios CETAN Nº 0048/17

Revisão 00

Cliente	Granito's Litoral Ltda., CNPJ: 00.245.127/0001-70	**Telefone**	(27) 3257-1774
Endereço	Rua Ciro Anselmo Cecato, nº 250, São Cristovão, Ibiraçu-ES, CEP 29670-000	**Contato(s)**	Victória de Abreu
e-mail	producao@granitoslitoral.com.br	**Fax**	(27) 98127-0010
Amostra(s)	Resíduo Industrial	**Recepção**	06/01/17

Informações de Coleta

Coleta efetuada pelo CETAN de acordo com a instrução de coleta IT-COL-002.

Preservação e distribuição dos itens de ensaio (por amostra)				
Código da preservação	**Código do Laboratório**	**Descrição resumida da preservação**	**Quantidade aproximada**	**Recipiente**
EO1	CR	Embalagem original	1000g	Próprio

Vila Velha-ES, 24 de janeiro de 2017.

Carlos Henrique P.M.Silva
Diretor Técnico/ART 4856
CRF/ES: 1075

Waldiléia Pereira Leal
Química/ART 2913/2016
CRQ/ES 03250787

Documento verificado e aprovado por meios eletrônicos
A verificação da autenticidade deste documento pode ser feita baixando o documento original em http://www.Labwin.Net/Cetan usando o código LRCJZ CMZ 428.
***** Fim do Relatório *****

Os resultados deste relatório se restringem às amostras ensaiadas e o mesmo somente poderá ser reproduzido em sua totalidade. O prazo de guarda de contra-provas de amostras é de 07 dias após emissão do relatório de ensaios (48h para amostras perecíveis). A designação do ponto de amostragem é de responsabilidade do cliente. Em amostras ambientais, os documentos "Plano de Amostragem/Cadeia de Custódia" (utilizando dados do FO-UGQ-065 - Plano de Amostragem) e "Relatório Fotográfico" são partes integrantes deste Relatório de Ensaios.