

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE PÓ DE GRANITO COMO ADIÇÃO NO CONCRETO

Karla Karolliny Emidio da Silva¹, Leticia Valério Ferreira², Rosiene Vieira da Silva³, MSc. Carlos Alexandre Seruti⁴

RESUMO

A indústria da construção civil é uma das que mais consomem matéria prima do mundo. Em contrapartida, a escassez dos recursos naturais e a dificuldade quanto à disposição final adequada de resíduos sólidos gerados diariamente são fatores preocupantes a sociedade, elevando a importância de estudos associados a aplicações e destinos de reaproveitamento a serem dadas a esses rejeitos. Diante disso, a indústria do beneficiamento de rochas ornamentais merece destaque devido a sua numerosa produção de resíduos sólidos. Essa pesquisa teve como objetivo verificar a viabilidade técnica da utilização de pó do polimento de granito como adição no concreto. Para tal, foram executados ensaios experimentais de granulometria, massa específica, atividade pozolânica, abatimento do tronco de cone e resistência a compressão. Os corpos de prova foram moldados com diferentes percentuais de adição (5, 10 e 20%) e o convencional, sem adição, como comparativo dos valores. Concluiu-se que o material não possui atividade pozolânica, não sendo considerado um material reativo. O pó granítico beneficia a resistência e trabalhabilidade do concreto dependentemente do traço, do fator água-cimento (a/c) e dos materiais utilizados.

Palavras-chave: Concreto. Ensaios. Resíduos Sólidos. Rochas Ornamentais.

ABSTRACT

The construction industry is one of the most consuming raw materials in the world. On the other side, the scarcity of natural resources and the difficulty in finding the proper final disposal to the solid waste generated daily are factors of concern to society, increasing the importance of studies associated with applications and reuse destinations to be given to these materials. In length of this, the ornamental stone processing industry deserves attention due to its numerous solid waste generation. This research aimed to verify the technical feasibility of using granite polishing powder as an addition to concrete. For such purpose, experimental tests of granulometry, specific mass, pozzolanic activity, test method for slump of hydraulic-cement and compressive strength were performed. Samples were molded with different addition percentages (5, 10 and 20%) and the conventional, without addition, as a comparison of values. It is concluded that the material has no pozzolanic activity and is not considered a reactive material. The granitic powder benefits the strength and workability of concrete depending on the recipe, the water-cement factor (w/c) and the materials used.

¹ Graduanda em Engenharia Civil pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus – MULTIVIX.

² Graduanda em Engenharia Civil pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus – MULTIVIX.

³ Graduanda em Engenharia Civil pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus – MULTIVIX.

⁴ Orientador Mestre em Estruturas e Materiais.

Key-words: Concrete. Tests. Solid Waste. Ornamental Stone.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil tem buscado por alternativas que, além de favorecerem melhores características físicas e mecânicas ao concreto, contribuam na redução do descarte de materiais 'in natura' no meio ambiente, buscando a sustentabilidade. O uso de materiais oriundos do polimento de rochas, de cascas e palhas de cereais (cana de açúcar, bananeira, arroz, café), que normalmente são despejados em locais inapropriados, se tratados, podem ser reaproveitados como aditivo em concreto (ALVES, 2008; AZEVEDO e CABRAL, 2016; GALVÃO et al., 2018; GONÇALVES, 2000; OLIVEIRA et al., 2019; TASHIMA et al., 2011). No que se refere a rochas ornamentais, tais materiais são submetidos a diversos processos desde sua extração até seu acabamento em chapas (CAMPOS e CASTRO, 2007). A integração desses processos produz quantidades expressivas de resíduos sólidos com variadas dimensões, ocasionando mudança na paisagem natural e degradação do meio ambiente quando dispostos inadequadamente. De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (ABIROCHAS, 2018), o beneficiamento de rochas ornamentais constitui-se numa das áreas industriais mais bem desenvolvidas no Brasil, principalmente quanto a exportação. Somente em 2017, o país exportou para 117 países, como os EUA, a China e a Itália, sendo o Espírito Santo o Estado de maior destaque como exportador, correspondendo a 76,2% do volume físico das exportações brasileiras, agregando 81,7% do faturamento. A adição do pó gerado pela serragem e polimento de placas graníticas no concreto parte da iniciativa de diminuir a extração de bens naturais não renováveis, e portanto, é necessário reduzir o acúmulo desses resíduos em aterros e fornecê-los uma destinação útil e proveitosa (ALVES, 2008).

De acordo com Gasques (2014, *apud* PINTO, 2005), a área da construção civil está entre as mais importantes para o desenvolvimento econômico e social do mundo. Em contrapartida, é a que ocasiona impactos ambientais visto seu desgaste de matéria-prima. Gasques (2014, *apud*. AGOPYAN, 2013) salienta que seria de 40 a 75% da quantidade produzida no mundo, sendo então um dos setores mais prejudiciais. Portanto, a utilização de resíduos reciclados é uma alternativa

considerável para se equilibrar ou diminuir a retirada de bens naturais não renováveis. Diante disso, Alves (2008) evidencia a importância de realizar estudos quanto ao uso do pó gerado nas marmorarias como adições no concreto, para então transformá-lo em um subproduto de valor, deixando de ser um resíduo desprezível. O autor também ressalta que, entre diversos benefícios fornecidos pela adição mineral, a durabilidade é uma das maiores vantagens, além de possivelmente refinar os poros e aperfeiçoar o adensamento do concreto. Portanto, além de beneficiar o meio ambiente diretamente, também há vantagens no que tange a resistência do concreto, reduzindo sua suscetibilidade a patologias.

Pesquisas envolvendo a adição de pó de granito já foram desenvolvidas no Brasil, dentre as quais citam-se alguns trabalhos relevantes: Rocha (2008) estudou concretos com adições minerais de resíduo de corte de rocha e de blocos cerâmicos moídos; concluiu que as adições são viáveis e que o uso dos resíduos contribui para a redução do uso de cimentos e agregados. Gonçalves (2000) avaliou a utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como aditivo em concretos, verificou que é viável tecnicamente e que 10% de adição é um teor ótimo. Alves (2008) pesquisou as características e da viabilidade do uso de resíduos gerados no polimento de rochas graníticas como adição em concretos em 10% e 20%; concluiu que o resíduo utilizado com granulometria muito semelhante ao cimento CP-V não pode ser pozolânico e que a idade e relação água cimento (a/c) influenciaram nos valores de resistências desses concretos.

Esta pesquisa tem como objetivo a realização de ensaios experimentais para a verificação da influência da adição de pó de granito em concretos em três porcentagens (5%, 10% e 20%). Tais ensaios envolveram as seguintes características: resistência a compressão e abatimento do tronco de cone, normalizados, respectivamente pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da norma NBR 5739 (ABNT, 2007) e da NBR NM 67 (ABNT, 1998), para verificação dos possíveis benefícios que esse acréscimo pode gerar nas principais propriedades do material estrutural: sua trabalhabilidade e consistência, em estado fresco, e resistência à compressão, em condição endurecida. O estudo se concentrou em caracterizar o material mineralógico quanto a sua composição granulométrica, de acordo com a NBR 7217 (ABNT, 1987) e apresentar os possíveis

benefícios mecânicos e de consistência da sua adição no concreto, se equiparado ao convencional.

O presente estudo foi desenvolvido a partir da aplicação de resíduos provenientes do polimento de granito fornecido pela empresa Norte Granitos Ltda., localizada no município de Nova Venécia – Espírito Santo, como adição na formação do concreto. Os ensaios foram executados nos laboratórios de Materiais de Construção Civil da Faculdade Norte Capixaba de São Mateus (MULTIVIX) e no Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Espírito Santo (DER/ES) também localizados em Nova Venécia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCRETO SIMPLES E SEUS CONSTITUINTES

A pedra e o tijolo são os instrumentos de construção mais significativos desde a antiguidade. A baixa resistência à tração das pedras impedia a construção de maiores vãos (FUSCO & ONISHI, 2017). Botelho e Marchetti (2002) salientam que a pedra resistia bem a esforços de compressão, quando usada como pilares. Quando dispostas em vigas, exigindo de resistência à tração em sua parte inferior, entrava em colapso, limitando sua utilização a pequenos cômodos, não sendo considerado instrumento estrutural. Diante disso, era necessário soluções e novas alternativas construtivas para garantir a eficácia estrutural e maior liberdade no dimensionamento das edificações.

De acordo com Botelho e Marchetti (2002), o concreto resiste “à compressão dez vezes mais que à tração”. Em conta dessa deficiência, sobrevém a idealização da mistura de materiais para supri-la.

Fusco e Onishi (2017) alegam que “com a Revolução Industrial, que trouxe a luz o cimento Portland e o aço laminado, surge o concreto armado em meados do século XIX”. O concreto armado permite a combinação de concreto (resistente à compressão) e aço na sua parte inferior (resistente à tração).

Pedroso (2009) declara que o concreto é um material construtivo abundantemente difundido e encontrado em casas convencionais de alvenaria até em

construções de maior porte, como edifícios, pontes e obras de saneamento. O autor ressalta que no Brasil, cerca de 30 milhões de metros cúbicos do material estrutural sai das usinas de dosagem diariamente. Pinheiro e Crivelaro (2016) discorrem sobre a sua composição:

O concreto é composto por um aglomerante (cimento), um agregado miúdo (areia), um agregado graúdo (brita), água e, algumas vezes, aditivos. A relação entre a quantidade de cada um desses componentes no concreto é chamado de traço, e ele é o responsável pela resistência do concreto. Na mistura, o cimento, ao reagir com a água (chamada de “água de amassamento”), cria uma pasta, chamada de pasta de cimento.

Os agregados compõem 3/4 do volume total do concreto. Esse material se divide em graúdo e miúdo (NEVILLE, 2016). Fusco e Onishi (2017) discorrem que “o agregado miúdo é a areia natural quartzosa, ou a artificial, resultante do britamento de rochas [...], o agregado graúdo é pedregulho natural ou a pedra britada proveniente do britamento de rochas estáveis”.

O cimento “pode ser descrito como um material com propriedades adesivas e coesivas que o fazem capaz de unir fragmentos minerais na forma de uma unidade compacta” (NEVILLE, 2016). Este aglomerante é responsável por agir quimicamente quando entra em contato com a umidade, ele, juntamente a água, formam a pasta de cimento. Conforme Neville e Brooks (2013), alguns critérios são levados em consideração quanto água de amassamento, pode ser potável ou não potável, desde que o seu pH esteja entre 6,0 e 8,0 e não apresente sabor salino ou salobro.

O traço diz respeito à proporção dos componentes adequada para a resistência desejada ao material estrutural. “O traço do concreto pode ser em volume, ou, mais precisamente, em peso. O traço é dado pela relação cimento:areia:brita.” (PINHEIRO; CRIVELARO, 2016).

Além de respeitar o traço e a qualidade dos componentes, é importante que o concreto se submeta a um processo de cura. Neville e Brooks (2013) esclarecem:

Cura é o nome dado aos procedimentos utilizados para promover a hidratação do cimento e, com isso, o desenvolvimento da sua resistência. Os procedimentos de cura consistem em controle de temperatura e do movimento de água de dentro para fora do concreto e vice-versa, que afetam não somente a resistência, mas também a durabilidade.

Todos esses componentes e aspectos influenciam diretamente no comportamento do concreto em sua totalidade. Além disso, para garantir um concreto estrutural que atenderá as exigências normativas de durabilidade e padrão de qualidade, é fundamental testar em laboratório sua trabalhabilidade e resistência à compressão para que quando for executado em obras suporte a demanda de solicitações às quais foi projetado.

2.2 AS PROPRIEDADES DO CONCRETO

O concreto pode ser definido como “união de pedras, areia, cimento e água. Às vezes usam-se adicionalmente produtos químicos (aditivos)” (BOTELHO; MARCHETTI, 2018). Os autores salientam que a qualidade mais importante do concreto é sua resistência a compressão.

Algumas propriedades do cimento ou concreto podem ser alteradas pela inserção de um aditivo, afirmam Neville e Brooks (2013). Eles explicam que em muitos casos, somente pelo uso desse acréscimo se alcança um determinado efeito. Para o caso de componentes minerais adicionados ao concreto em proporção maior que 5% do cimento, são denominados materiais cimentícios ou adições (NEVILLE, 2016).

De acordo com Rocha (2008, *apud*. MEHTA & MONTEIRO, 2008), as adições minerais podem ser descritas como produtos extremamente finos que não são solúveis, originados da natureza ou de subprodutos industriais.

Mehta e Monteiro (2006) exprimem que as adições minerais comumente são usadas em altas quantidades, e esse acréscimo além de causar redução nos custos e melhor trabalhabilidade no concreto fresco, também reduzem a sua sujeição a patologias comuns, como expansão por álcali-agregado, desgaste por sulfato e fissuras térmicas. Rocha (2008) enfatiza que a competência da adição depende diretamente da quantidade a ser aplicada, sua cura e características mineralógicas, químicas e granulométricas.

A integração de partículas finas minerais na mistura fresca de concreto, onde sua tendência é que ocorra a separação dos seus agregados, causa melhoria em sua trabalhabilidade por reduzir volume de vazios e suas dimensões (MEHTA & MONTEIRO, 2006).

Neville e Brooks (2013) definem trabalhabilidade do concreto como “a quantidade de trabalho interno útil necessário à obtenção do adensamento total”, ou seja, quanto mais fácil for seu adensamento e sua resistência a segregação, mais trabalhável é esse concreto (NEVILLE, 2016). Por isso, essa propriedade também implica no seu controle de defeitos, quanto mais difícil é o lançamento e adensamento do material, além de aumentar seu custo de adequação, diminuirá sua resistência, durabilidade e estética (MEHTA & MONTEIRO, 2006, *apud.* ROCHA, 2008). O processo de adensamento, que pode ser por apiloamento ou vibração, baseia-se em eliminar o ar contido no concreto para o levar a sua maior densidade possível (NEVILLE, 2016).

O concreto fresco também é analisado por sua consistência. Neville e Brooks (2013) definem tal situação como a facilidade ou dificuldade que determinada substância flui. Os autores salientam que devido ao fato do volume de vazios interferirem diretamente na resistência do concreto, é importante obter a maior massa específica alcançável. Com isso, pode-se constatar que a trabalhabilidade está diretamente ligada à resistência do concreto após seu endurecimento.

Neville (2016) declara que a resistência do concreto em uma determinada idade depende, especialmente, do seu fator água/cimento, por determinar a porosidade da pasta de cimento, e o grau de adensamento. Outro fator que pode reduzir a resistência e causar microfissurações no concreto é a falha na estrutura dos agregados (NEVILLE & BROOKS, 2013).

O concreto endurecido é naturalmente designado para suportar cargas de compressão, e por isso, esse aspecto é o mais especificado a respeito do material. Como a resistência do concreto depende do processo de hidratação do cimento, que é relativamente devagar, as especificações e ensaios de resistência respeitam uma cura de 28 dias em condições padrões de umidade (MEHTA & MONTEIRO, 2006).

Diante das afirmações, se evidencia que o aspecto de trabalhabilidade ou consistência implicam essencialmente com a garantia de um concreto resistente e durável, sendo não poroso e não suscetível a patologias.

Gonçalves (2000) estudou a utilização de Resíduos de Corte de Granito (RCG) no concreto. Verificou que a adição desse material no concreto beneficiou a resistência a compressão do material consideravelmente quando comparado ao concreto comum pois “sua alta finura promoveu um refinamento na estrutura de poros. Este efeito contribuiu para uma maior densificação da zona de transição e da matriz cimentícia” (GONÇALVES, 2000).

Alves (2008) avaliou o comportamento do concreto em seu estado fresco e endurecido com o acréscimo do pó resultante do polimento de placas graníticas e obteve resultados não satisfatórios na trabalhabilidade e também na resistência à compressão. O autor ressalta que para diferentes traços, a porcentagem de adição ideal varia, sendo a idade e a relação a/c fatores fundamentais para o aprimoramento desses resultados, porém, o teor de adição não teve influência significativa na resistência dos concretos.

2.3 RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos sólidos podem ser definidos pela NBR 10.004 (ABNT, 2004) como “resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam das atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e varrição”. A lei 12.305/2010 atesta como parte dessa categoria os produtos que seu descarte se proceda em condição de sólido ou semissólido, agregando também gases e líquidos que por suas composições são impossibilitados de serem descartados em corpos hídricos ou redes de esgoto (GUERRA, 2012).

Conforme Bechara et al. (2013), resíduos sólidos são gerados diariamente e de forma indeclinável, danificando o meio ambiente. De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2009), o Brasil produziu uma quantidade superior há 57 milhões de toneladas em 2009, um acréscimo de 7,7% em referência ao ano anterior.

Diante disso, a maneira de dar a esses materiais um destino adequado se tornou um ponto importante. Guerra (2012) declara que somente em 20 anos correndo no Congresso Nacional em Brasília, se aprovou a Lei 12.305/2010, onde foi instituído a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Essa lei “deve ser entendida como

um conjunto de disposições, princípios, objetivos e diretrizes a respeito dos resíduos sólidos, [...] e passou a ser considerado o marco regulatório e de referência da matéria” (FILHO & SOLER, 2015).

Barbosa e Ibrahin (2014) afirmam que foram estabelecidos instrumentos administrativos, econômicos e penais (poluidor–pagador) aos violadores e incentivadores para os que aplicam planos sustentáveis (protetor-recebedor), para que se tenha infalibilidade na PNRS. A responsabilidade de fiscalização, orientação e cobrança recai sobre o Estado para que se cresça os incentivos ambientais locais. Entretanto, a PNRS “configura um instrumento essencial para definir os direitos e as obrigações dos setores público e privado, bem como dos consumidores finais sobre a gestão dos resíduos” (GUERRA, 2012).

Os resíduos sólidos podem ser discriminados de acordo com sua origem. Quanto a esse critério, a Lei 12.305/2010 os divide em: resíduos domiciliares, resíduos de limpeza urbana, resíduos sólidos urbanos, resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, resíduos de serviços públicos de saneamento básico, resíduos industriais, resíduos de serviço de saúde, resíduos de construção civil, resíduos agrossilvopastoris, resíduos de serviços de transporte, resíduos de mineração. Dentro dessa esfera, os resíduos da serragem e polimento de blocos graníticos, considerados como minerais não metálicos, se adequam aos resíduos industriais, definidos pela resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua resolução nº 313/2002 como:

Todo resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semissólido, gasoso – quando contido, e líquidos – cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Esses resíduos, ou “rejeitos”, são produtos resultantes da extração (ou lavra) no processo de retirada da terra sobre as rochas na mina, que não possuem valor econômico algum, ocasionando seu acúmulo em diversos locais (BARBOSA & IBRAHIN, 2014).

De acordo com Campos e Castro (2007), os resíduos oriundos do beneficiamento de rochas ornamentais se classificam, geralmente, em conformidade

com suas dimensões, em grossos, finos ou ultrafinos. Sendo os resíduos finos e ultrafinos naturais às serrarias e marmorarias.

A respeito da formação do resíduo a ser utilizado, ou seja, o polimento das placas graníticas, Alves (2008) discorre que esse processo “ocorre em meio aquoso e gera uma lama densa com partículas extremamente reduzidas, que após sua secagem, se torna um pó cinza, com cor variável”.

Campos e Castro (2007) afirmam que a caracterização dos componentes dos resíduos gerados no processo de serragem deve ser criteriosa, devido não somente a sua variância mineralógica, mas também devido aos diversos processos de tratamento ao qual o material passa até chegar a esta etapa.

As disposições inadequadas desses rejeitos impactam negativamente o meio ambiente causam poluição visual, e podem contaminar os lençóis freáticos, o ar e provocar o assoreamento dos cursos de água, descrevem (BARBOSA & IBRAHIN, 2014).

Tendo isso em vista, Campos e Castro (2007) declaram que a forma prioritária a se proceder com esses materiais é sua possível reutilização ou reciclagem, e somente por último, sua disposição adequada em aterros ou depósitos especificados após seus devidos tratamentos.

3 METODOLOGIA E MÉTODO DA PESQUISA

Metodologia pode ser definida como “conjunto de métodos ou caminhos que são percorridos na busca de conhecimento” (ANDRADE, 2010). Para a execução dessa pesquisa, foram abordados métodos bibliográficos e experimentais. De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa bibliográfica é feita por levantamentos de referências teóricas já analisadas, e publicadas, por meio escrito e eletrônicos. Gil (2010) diz que pesquisa experimental “consiste essencialmente em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis capazes de influenciá-lo e definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto”.

No laboratório de Construção Civil da Faculdade Norte Capixaba (Multivix) e no Departamento de Estrada de Rodagem (DER), ambos na cidade de Nova Venécia

– ES, realizou-se, primeiramente, ensaios de caracterização dos materiais utilizados para fabricação do concreto, a saber: granulometria do agregado graúdo e miúdo. Depois, confeccionou-se corpos de prova, de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2003), com dois diferentes tipos de traço de concreto e com proporções variadas de adições do pó de granito, ao qual foram ensaiados experimentalmente com o objetivo de verificação da resistência do concreto conforme aumento ou redução do resíduo.

3.1 SELEÇÃO DE MATÉRIAS PRIMAS PARA FABRICAÇÃO DO CONCRETO

Para a moldagem dos corpos de prova, utilizou-se como agregado miúdo a areia branca fina de jazida peneirada com diâmetro máximo de 0,30mm, conforme ensaio de granulometria NBR NM 248 (ABNT, 2003). O agregado graúdo foi a brita 0, cujo o diâmetro máximo foi de 9,5mm.

O cimento utilizado na pesquisa foi o cimento Portland de alta resistência inicial (CP V – ARI). Esse cimento é fabricado de clínquer + sulfato de cálcio (90-100%) com adição de material carbonático (0-10%), de acordo NBR 16697 (ABNT, 2018). A resistência inicial a compressão deste cimento, aos 7 dias, conforme NBR 6118 (ABNT, 2014), é de 82% da resistência definida em projeto (fck).

O resíduo utilizado foi o pó de granito, fornecido pela empresa Norte Granitos Ltda., localizada no município de Nova Venécia, norte do Estado do Espírito Santo. Esse pó é obtido através do polimento de placas graníticas, em meio aquoso, ao qual é gerado uma lama densa com partículas bem reduzidas, que quando secam viram um pó de cor cinza. A Figura 1 mostra tal processo de produção que segue desde seu armazenamento, (Figura 1a), até a secagem, (Figura 1b), e desmanches dos “torrões” para dar origem ao pó, (Figura 1c).



(a) (b) (c)
Figura 1: (a) Tanque de armazenamento do resíduo; (b) Lama exposta ao sol por 7 dias para secagem (c) “torrões” originados pela secagem.
Fonte: Autor (2019).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO

3.2.1 Agregado Graúdo

O agregado graúdo utilizado na confecção do concreto foi a Brita 0, obtida no Britador MCL. Para execução da sua caracterização granulométrica, separou duas amostras de 3000g, conforme NBR NM 248 (ABNT, 2003) e foi-se executado o peneiramento utilizando as peneiras da série normal e intermediária juntamente. Em seguida, separou-se duas amostras de 1000g e determinou sua massa específica, massa específica aparente e absorção de água conforme a norma NBR NM 53 (ABNT, 2003), com utilização da balança hidrostática da marca Bel, com mínimo de 0,1g e máximo 20000g. Para tal, efetuou-se a lavagem e pesagem do agregado em condição úmida e sua secagem em estufa com temperatura de 100° C até o peso constante. A Figura 2 apresenta o ensaio granulométrico do agregado graúdo.



Figura 2: (a) pesagem do agregado graúdo (brita 0) antes do ensaio granulométrico; (b) representação crescente da dimensão dos agregados graúdos.
Fonte: Autor (2019)

3.2.2 Agregado Miúdo

O agregado miúdo utilizado foi a areia branca de jazida. Seu detalhamento granulométrico foi por meio de peneiramento a seco utilizando peneiras de série normal e intermediária, de acordo com a NBR NM 248 (ABNT, 2003), utilizando duas amostras de 382g. Separou-se duas amostras de 500g do material para obter sua

massa, utilizando o frasco Chapman, em conformidade com a NBR 9776 (ABNT, 1987).

A granulometria da lama abrasiva também foi executada conforme NBR NM 248 (ANBT, 2003). Devido a sua alta finura e porcentagem de material pulverulento, foi feito por método de lavagem, normatizado pela NBR NM 46 (ABNT, 2003). Por esse método, pesou-se a amostra seca, colocou sobre a peneira de abertura 75 μ m, e após a lavagem foi submetido a secagem. A Figura 3 apresenta o ensaio granulométrico do agregado miúdo.



Figura 3: (a) pesagem do resíduo de polimento de placas graníticas; (b) representação das proporções e dimensão dos grãos do resíduo; (c) execução do ensaio de massa específica da areia branca de jazida.

Fonte: Autor (2019)

3.3 MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS DE PROVA

Nesta pesquisa foram tomados os parâmetros propostos por Alves (2008). Sendo assim, os traços, o fator água/cimento e as porcentagens de adição de 10% e 20% foram os mesmos. Porém, foi acrescentado a porcentagem de 5% para verificar a influência do pó de granito em quantidade reduzida.

Diante disso, o estudo experimental obteve dois tipos de amostra, amostra A e B. Para cada amostra, realizou-se um traço (cimento, areia e brita) e uma relação a/c (água/cimento) diferente, porém sempre obtendo o mesmo tipo de concreto para ambas, um convencional e uma para cada porcentagem de adição de resíduo pó granítico, 5%, 10% e 20%, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Traço das amostras estudadas

Tipo	Concreto	Traço	Fator a/c	Nº Corpos de Prova
------	----------	-------	-----------	--------------------

				7 dias	28 dias
A	Convencional (0% de adição RPG ⁵)			3	3
	5% de adição RPG	1:1,4:1,65	0,45	3	3
	10% de adição RPG			3	3
	20% de adição RPG			3	3
B	Convencional (0% de adição RPG)			3	3
	5% de adição RPG	1:2,06:2,6	0,65	3	3
	10% de adição RPG	5		3	3
	20% de adição RPG			3	3

Fonte: Autor (2019)

A fim de verificar a resistência de cada traço, foram moldados 6 corpos de prova (CP) cilíndricos para cada tipo de traço com dimensões de 10x20 cm (diâmetro x altura), resultando um total de 48 CPs, conforme a NBR 5738 (ABNT, 2003).

Foram moldados, também, 4 corpos de prova, sendo prova e contraprova, para verificação da atividade pozolânica do resíduo, com moldes de dimensões de 5x10 cm (diâmetro x altura) em duas misturas de argamassas, conforme NBR 5752 (ABNT, 2014). Na primeira mistura, foi utilizado 100% de cimento, areia e água para um fator a/c de 0,5. Na segunda mistura foi utilizado 65% de cimento e 35% de pó de granito, areia e água com fator a/c de 0,55, ambos fatores necessários para produção de argamassa com índice de consistência de (225+/-5) mm.

Após 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados e submergidos em um tanque com água e cal à temperatura ambiente, até a data dos ensaios de 7 e 28 dias. A Figura 4 mostra os corpos de prova nas diversas etapas de preparo.



⁵ RPG – Resíduo de pó granítico.

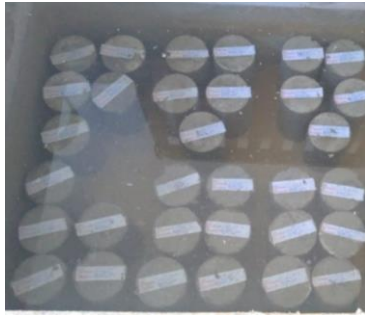


Figura 4: (a) Moldagem dos corpos de prova de concreto (Tipo A e B); (b) Moldagem dos corpos de prova – ensaio pozolânico – de argamassa; (c) Corpos de prova retirados dos moldes com um dia e submergidos em água com cal para cura de 7 e 28 dias; (d) Moldes retirados da cura para realização do ensaio de compressão.
Fonte: Autor (2019)

3.4 ENSAIOS FÍSICOS REALIZADOS

3.4.1 Abatimento do tronco de cone

A Figura 5 mostra a realização do ensaio de abatimento do tronco de cone para cada traço determinado, a fim de verificar a consistência do concreto em seu estado fresco, de acordo NBR NM 67 (ABNT, 1998).



Figura 5: Determinação da trabalhabilidade do concreto “Slump”.
Fonte: Autor (2019).

3.4.2 Compressão Axial

Esse ensaio foi realizado tanto nos corpos de prova para o concreto convencional e adição de resíduo, a fim de verificação da resistência, quanto para a argamassa, de modo a verificar atividade pozolânica do resíduo. Respeitando uma cura de 7 e 28 dias, todos os corpos de prova, foram submetidos a ensaios de

compressão, conforme NBR 5739 (ABNT, 2007). Esse ensaio consiste na verificação da carga axial por compressão máxima que o concreto suportará até seu rompimento. O ensaio foi realizado tanto para verificação da resistência do concreto, quanto para verificação da atividade pozolânica do resíduo, porém respeitando a NBR 7215 (ABNT, 1996).

O equipamento de compressão utilizado para os ensaios foi o da SOLOTEST® conforme Figura 6, com capacidade para até 100 kgf (quilograma força), que permite controle manual de velocidade de avanço, a fim de permitir um melhor ajuste do corpo de prova na máquina.



Figura 6: (a) Equipamento para ensaio de compressão axial com grade de proteção; (b) sem a grade de proteção para melhor análise do material rompido.
Fonte: Autor (2019)

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO (GRANULOMETRIA) E MASSA ESPECÍFICA

A partir do peneiramento, obteve-se que a Brita 0 possui a maior porcentagem de massa retida na peneira de abertura 6,38mm, com pouco mais de 50% do material. O diâmetro máximo do agregado foi de 9,5mm e o módulo de finura médio de 2,82. A massa específica seca foi de 2,750g/cm³, massa específica saturada 2,765g/cm³ e absorção de água equivalente a 0,55%.

De acordo com a NBR NM 248 (ABNT, 2003), módulo de finura é definido como “soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, divididas por 100”.

A areia branca de jazida teve a maior porcentagem de massa retida na peneira de 0,150mm e foi considerada um material muito fino com módulo de finura

equivalente a 1,36 e diâmetro máximo de 0,30mm. A massa específica média obtida desse material foi de 2,638g/cm³.

A lama abrasiva foi considerada um material muito fino, sendo 98,2% da sua amostra passante na peneira de 0,075mm.

4.2 ATIVIDADE POZOLÂNICA DO RESÍDUO – METODO FÍSICO

Os resultados obtidos de resistência mecânica dos corpos de prova, aos 28 dias, de modo a determinar a atividade pozolânica do pó do granito estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados Ensaio de Pozolânico

Argamassa	Fator a/c	Resistência Média a Compressão Axial (MPa)	Índice de Atividade Pozolânica (%)
100% cimento (referência)	0,5	25,84	100
35% resíduo + 65% cimento (em volume)	0,55	13,32	51,55
Especificações NBR 12653	-	-	Mínimo 75

Fonte: Autor (2019)

O material pode ser considerado pozolânico quando o índice de pozolanidade for igual ou superior a 75%, ou seja, quando a média das resistências da argamassa com resíduo (35% resíduo e 65% cimento em volume) for igual ou superior a 75% do valor médio de resistência da argamassa pura (100% cimento). Assim, a argamassa constituída apenas por cimento obteve uma média de resistência de 25,84 MPa, enquanto a argamassa com resíduo apresentou resistência média de 13,32 MPa, correspondendo a um índice de 51,55% com relação à argamassa de referência. Logo o resíduo não pode ser considerado como material pozolânico, pois possui valor inferior ao estabelecido pela NBR 12653 (ABNT, 2014).

De acordo com a NBR 12653 (ABNT, 2014) materiais pozolânicos são “materiais silicosos que possui pouco ou nenhuma atividade aglomerante, mas quando em seu estado fino e na presença de água reagem com hidróxido de cálcio, à temperatura ambiente, formando compostos com propriedades aglomerantes.

4.3 TRABALHABILIDADE DO CONCRETO EM SEU ESTADO FRESCO

O abatimento tronco de cone “slump” para os dois fatores a/c teve comportamento de resultados parecidos, pois à medida que se aumentava a quantidade de adição do pó de granito na massa de concreto o abatimento reduzia para ambos fatores, como mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados Ensaio de Abatimento Tronco de Cone

Traço Cimento:Areia:Brita	Fator a/c	Adição %	Abatimento Tronco de Cone (mm)
1:1,14:1,65	0,45	0	120
		5	95
		10	60
		20	40
1:2,06:2,65	0,65	0	265
		5	250
		10	235
		20	215

Fonte: Autor (2019).

De acordo com a Tabela 3, observa-se que para o fator a/c de 0,45, com o aumento de adição de mineral, há uma redução no abatimento tronco de cone, porém a trabalhabilidade para este fator diminui com a redução do abatimento. Desta forma, para acréscimo de 20% de adição de resíduo, pode-se dizer que a trabalhabilidade foi comprometida, tendo mais dificuldade no adensamento e manuseio da moldagem dos corpos de prova. Alves (2008) justifica tal comportamento devido à grande quantidade de finos e o baixo fator a/c torna a massa de concreto muito coesa. Para o fator água/cimento de 0,65, também há uma redução de abatimento tronco de cone, porém, ao contrário do fator 0,45, fisicamente, a trabalhabilidade para a montagem dos corpos de prova para este fator aumentou, pois a medida que se adiciona resíduo no concreto o estado de segregação deixa de existir e o concreto passa ser coeso. Conforme Neville (2016), “[...] um concreto trabalhável não deve segregar com facilidade, ou seja, que ele deve ser coeso [...]”. Assim, pode-se concluir que, quanto menor a relação água/cimento, com a adição do pó de granito, menor o abatimento tronco de cone e menor a trabalhabilidade do concreto.

4.4 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Os ensaios de compressão axial, geraram resultados de resistências médias, desvio padrão (DP) e os coeficientes de variação (CV) dos corpos de prova, de 7 e 28 dias, que estão especificados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados Ensaio de Compressão Axial

		Resistência Média a Compressão Axial (MPa)							
a/c ⁶	Concreto	0% de adição		5% de adição		10% de adição		20% de adição	
	Idade	7 dias	28 dias	7 dias	28 dias	7 dias	28 dias	7 dias	28 dias
0,45	Média	29,47	42,42	28,61	41,56	29,49	41,02	32,73	43,18
	DP ⁷	1,73	0,82	1,23	3,14	2,06	0,6	1,18	0,7
	CV ⁸	5,87	1,93	4,3	7,56	6,99	1,46	3,6	1,62
0,65	Média	12,30	17,39	23,13	26,53	16,25	20,83	13,49	18,56
	DP	0,5	0,93	0,61	1,78	0,26	0,39	1,32	0,69
	CV	4,06	5,35	2,64	6,71	1,6	1,87	9,79	3,72

Fonte: Autor (2019)

Considerando as médias, os concretos com fator a/c de 0,45 apresentam praticamente a mesma perda de resistência com a adição de 5 e 10% de resíduo, enquanto que com 20% de adição teve um leve aumento de 42,42 MPa (0% de adição) para 43,18 MPa, ou seja, apesar do acréscimo de 1,8%⁹ da resistência, esse concreto pode não ser o mais ideal, visto que com 20% de adição apresentou pouca trabalhabilidade, devido uma maior coesão das partículas. Tais resultados informam que pode haver aumento de resistência, porém com menor trabalhabilidade do concreto, sendo necessário, talvez, o uso de aditivos plastificantes ou superplastificantes, que podem melhorar a questão de trabalhabilidade.

O fator a/c de 0,45 praticamente se mostrou constante até 10%, porém com a adição de 20% nota-se um leve aumento em sua resistência. Já o fator a/c de 0,65, o teor ideal de adição do pó de granito é 5%, tomando como base o aumento da resistência de 17,39 MPa (adição de 0%) para 26,53 MPa. Verifica-se que conforme aumenta o percentual de adição o resíduo deixa de fazer efeito no concreto, ou seja, o material fica inerte a uma certa quantidade de adição.

⁶ Relação água/cimento utilizado no concreto.

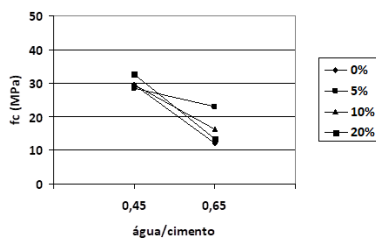
⁷ Desvio Padrão (MPa) das resistências obtidas em ensaio.

⁸ Coeficiente de Variação (%) das resistências obtidas em ensaio.

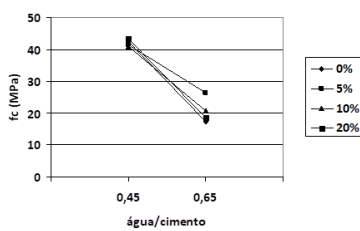
⁹ Conforme Alves (2008), visto que em seu estudo, as resistências tiveram um ligeiro acréscimo de 0% para 20%.

Desta forma, o resíduo pode ser classificado como um material fíler. De acordo Neville (2016), fíler é um material finamente moído, próximo da finura do cimento, que possui propriedades físicas que causam efeito benéfico nas propriedades do concreto, e que em geral são quimicamente inertes, pois não reagem de maneira prejudicial com os produtos da pasta de cimento hidratada. Um dos benefícios do material fíler é o preenchimento dos vazios, chamado de empacotamento de partículas. Castro e Pandolfelli (2009) definem empacotamento de partículas como a capacidade de preencher os espaços vazios, deixados por partículas com maior diâmetro, com as de menor diâmetro. Assim, para o fator a/c de 0,65, o efeito fíler ocorre com a adição de 5% de pó de granito, sendo que para as demais adições esse efeito deixa de existir e o material passa a ser inerte.

Com base nos resultados obtidos de compressão axial, as curvas de Abrams foram geradas em gráficos tensão versus teor água/cimento, aos 7 e 28 dias de cura, ao qual podem ser encontradas na Gráfico 1.



(a)



(b)

Gráfico 1: Curvas de Abrams: (a) Compressão axial aos 7 dias; (b) Compressão axial aos 28 dias.

Fonte: Autor (2019)

Pelo Gráfico 1, percebe-se que tanto para 7 dias quanto para 28 dias houve um decréscimo de resistência com o aumento do fator a/c. Sendo que a maior redução ocorreu a 5% de adição do resíduo pó granítico, ou seja, cerca de 58% de 0,45 para 0,65 nos 7 dias e 60% de 0,45 para 0,65 aos 28 dias. De acordo Neville (2016), “quando o concreto está plenamente adensado, sua resistência é considerada inversamente proporcional à relação água/cimento”. Isso acontece, porque quanto maior for a relação a/c, mais poroso será o concreto e conseqüentemente menos resistente.

O Gráfico 2 mostra as variações da tensão com o aumento da adição de pó de granito. Nota-se que a variação de resistência é mínima para o fator a/c de 0,45, já para o fator a/c de 0,65, ocorre um aumento com 5% de adição do resíduo, apesar de apresentar uma menor resistência comparado ao fator de 0,45.

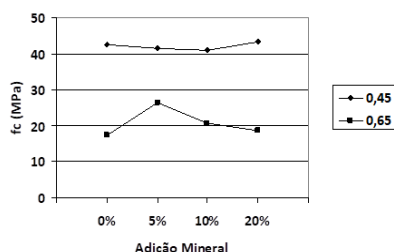


Gráfico 2 – Resultado do ensaio de compressão axial aos 28 dias.

Fonte: Autor (2019)

Por fim, os resultados mostram que com a adição do pó do granito as resistências se mantiveram praticamente estáveis, não apresentando quedas significativas, o que já torna os resultados positivos, pois além do leve aumento de resistência apresentado, essa adição pode trazer melhorias ao concreto tornando-o, possivelmente, mais durável e gerando uma forma correta de destinação final do pó granítico.

5 CONCLUSÃO / CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo a influência da adição do pó resultante do polimento de placas graníticas no concreto, a fim de identificar possíveis

benefícios que este material poderia fornecer. A partir de ensaios experimentais, concluiu-se que este resíduo é muito fino, possuindo granulometria semelhante ao cimento. Constatou-se que o material estudado não é pozolânico, pois o índice obtido de 51,55% foi menor que o mínimo de 75% para ser considerado reativo.

Observou-se que conforme se aumentou o teor de adição nos corpos de prova com relação água-cimento (a/c) de 0,45, foi comprometida a trabalhabilidade, tornando-se mais coeso que o adequado. Isso é justificado pelo excesso de materiais finos no concreto que provoca maior absorção da água, propiciando dificuldade no adensamento. Em relação a resistência, conclui-se que a porcentagem ideal para esse fator a/c é de 20%. Porém, não é indicado, devido à dificuldade de manuseio e aumento de resistência não considerável quando comparado ao convencional.

Para o fator a/c de 0,65, obteve-se uma melhoria em sua trabalhabilidade, visto que no concreto padrão houve exsudação dos agregados para com a pasta de cimento e em concordância ao aumento do teor de resíduo. Também se verificou um aumento na coesão, apesar de continuar com o abatimento além do apropriado. Quanto a resistência de compressão dos corpos de prova para essa relação, notou-se que a porcentagem ideal de adição é de 5%, pois quando se eleva este quantitativo, o material passa a ser inerte, considerado um material fíler, não aumentando a resistência nem prejudicando o concreto. Devido ao alto fator a/c, trata-se de um concreto mais poroso. Diante disso, o pó de granito atua no preenchimento de vazios, ou seja, no empacotamento de partículas.

Por fim, constatou-se que a adição do resíduo não resulta em benefícios consideráveis na resistência à compressão, pois o aumento é pouco significativo. Porém, o resíduo também não é prejudicial ao concreto, o que justifica seu uso, fornecendo a estes resíduos uma destinação final mais eficiente.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Tendo em vista que o resíduo granítico não possui atividade pozolânica, sendo um fíler, aconselha-se ensaios com teores de resíduo entre 5 e 10%, a fim

de encontrar a resistência máxima que o material pode fornecer ao concreto. Sugere-se estudos considerando a substituição parcial de areia fina de jazida pelo RPG. Propõe-se ainda a realização de estudos com adições minerais diferentes, de outras composições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. **Balanco das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2017**. Disponível em: <<http://abirochas.com.br/>>. Acesso em: 01 nov. de 2019.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil de 2009**. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2009/>> Acesso em: 02 out. de 2019.

ALVES, Moisés Silva. **Estudo das características e da viabilidade do uso de resíduos gerados no polimento de rochas graníticas como adição em concretos**. 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/ISMS-7HXJ25>>. Acesso em: 01 nov. de 2019.

ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 10. ed. São Paulo: Atlas S.a, 2010. 158 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, ABNT, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de Compressão de Corpo-de-prova Cilíndricos. Rio de Janeiro, ABNT, 2007. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5752**: Materiais Pozolânicos – Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro, ABNT, 2014. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. 3.ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. 238 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da resistência a compressão. Rio de Janeiro, ABNT, 1996. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7217**: Agregados - Determinação da Composição Granulométrica. Rio de Janeiro, ABNT, 1987. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776**: Agregados - Determinação da Massa Específica de Agregados Miúdos por Meio do Frasco Capman. Rio de Janeiro, ABNT, 1987. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12653**: Materiais Pozolânicos - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 46**: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53**: Agregado Graúdo – Determinação da Massa Específica, Massa Específica Aparente e Absorção de água. Rio de Janeiro, 2003. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Concreto - Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone. Rio de Janeiro, 1998. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da Composição Granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

AZEVEDO, Marina Álvares de; CABRAL, Stênio Cavalier. Materiais alternativos para adição ao cimento Portland. **Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas**. n.10, ano V, 2016. Disponível em: <<http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2016/09/Stenio23.pdf>> Acesso em: 01 nov. 2019.

BARBOSA, Rildo Pereira; IBRAHIN, Francini Imene Dias. **Resíduos Sólidos**: Impactos, Manejo e Gestão Ambiental. São Paulo: Erika, 2014.

BECHARA, Erika et al (Org.). **Aspectos Relevantes da Política Nacional de Resíduos Sólidos**: Lei 12.305/2010. São Paulo: Atlas S.a, 2013.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto Armado eu te amo**. 3. ed. São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 2002. 422 p.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto Armado eu te amo**: volume I. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2018. 536 p.

BRASIL, **Lei 12.305/2010 – Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Presidência da República, Brasília.

CAMPOS, Antonio Rodrigues de; CASTRO, Nuria Fernández. **Tratamento e Aproveitamento de Resíduos de Rochas Ornamentais**. 2007. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/images/congressos/2007/CAC00900007.pdf>>. Acesso em: 01 nov. de 2019.

CASTRO, A. L.; PANDOLFELLI, V. C. Revisão: Conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil. *Ceramica*, São Paulo, v. 55, n. 555, p. 18-32, 2009.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 313/2002**. Diário Oficial da União. Brasília – DF.

FILHO, C. R. V da Silva; SOLER, F. D. **Gestão de Resíduos Sólidos: O que diz a lei**. 3. ed. atual. e rev. São Paulo: Trevisan Editora, 2015.

FUSCO, Péricles Brasiliense; ONISHI, Minoru. **Introdução à Engenharia de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Cengage, 2017. 264 p.

GALVÃO, J. K. L. et al. Materiais alternativos para adição ao cimento Portland dosagem utilizando resíduos da palha da soja. **23º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos materiais**. Foz do Iguaçu, 2018. Disponível em: <<http://cbecimat.com.br/anais/PDF/IIg07-011.pdf>> Acesso em: 01 nov. 2019.

GASQUES, Ana Carla Fernandes et al. Impactos Ambientais dos Materiais da Construção Civil: Breve Revisão Teórica. **Revista Tecnológica**, Maringá, v. 1, n. 23, p.13-24, 2014. Semestral. Disponível em: <<http://eduem.uem.br/laboratorio/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/23375/14566>>. Acesso em: 02 nov. de 2019.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas S.a, 2010. 184 p.

GONÇALVES, Jardel Pereira. **Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos**. 2000. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1676/000305830.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 01 nov. de 2019.

GUERRA, Sidney. **Resíduos Sólidos: Comentários à Lei 12.305/2010**. Rio de Janeiro: Forense, 2012. 194 p.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concrete: Microstructure, Properties, and Materials**. 3. ed. United States Of America: Mcgraw-hill Education, 2006.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

OLIVEIRA, Dione da Costa et al. Compósitos em concreto verde com adição de cinzas de casca de café. **2º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos**. Foz do Iguaçu, 2019. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/VII-031.pdf>> Acesso em: 01 nov. 2019.

PEDROSO, Fábio Luiz. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. **Concreto & Construções**: Concreto: material construtivo mais consumido no mundo, São Paulo, v. 1, n. 53, p.14-19, 2009. Trimestral. Disponível em: <http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_53.pdf>. Acesso em: 05 de nov. de 2019.

PINHEIRO, Antonio Carlos da Fonseca Bragança; CRIVELARO, Marcos. **Materiais de Construção**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2016.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

ROCHA, Camila Aparecida Abelha. **Estudo de concretos com adições minerais de resíduo de corte de rocha e de blocos cerâmicos moídos**. 2008. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2008. Disponível em: <http://uenf.br/Uenf/Downloads/LECIV_1693_1250195953.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2019.

TASHIMA, Mauro Mitsuuchi et al. Reaproveitamento da cinza de casca de arroz na construção civil. **Holos Environment**, v. 11, n. 1, p. 81-89, 2011.