

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
CENTRO UNIVERSITÁRIO DOCTUM DE TEÓFILO OTONI**

**EMMANUEL VINICIUS LIMA BARROS
JUNIO GONÇALVES BARROSO
MAURO DUARTE SILVA JÚNIOR**

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO COM RESÍDUO
DO CORTE DE GRANITO (RCG) EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO CIMENTO**

**TEÓFILO OTONI
2019**

**EMMANUEL VINICIUS LIMA BARROS
JUNIO GONÇALVES BARROSO
MAURO DUARTE SILVA JÚNIOR
CENTRO UNIVERSITÁRIO DOCTUM DE TEÓFILO OTONI**

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO COM RESÍDUO
DO CORTE DE GRANITO (RCG) EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO CIMENTO**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário Doctum de Teófilo
Otoni, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.**

**Área de Concentração: Materiais de
Construção**

**Orientador: Prof. MSc Jouséberson Miguel
da Silva.**

TEÓFILO OTONI

2019

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO COM RESÍDUO DO CORTE DE GRANITO (RCG) EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO CIMENTO

Emmanuel Vinicius Lima Barros

UniDoctum, Medina, Brasil, emmanuelvlima@yahoo.com.br

Junio Gonçalves Barroso

UniDoctum, Teófilo Otoni, Brasil, jgoncalves.geo@hotmail.com

Mauro Duarte Silva Júnior

UniDoctum, Teófilo Otoni, Brasil, mauromillencolin@hotmail.com

RESUMO

A fabricação do Cimento Portland é uma atividade geradora de impactos ambientais, desde a extração de recursos naturais até a poluição atmosférica através de gases, sendo assim o estudo de opções para reduzir a poluição causada por sua produção torna-se essencial para o desenvolvimento sustentável. A extração do granito é uma grande geradora de poluição para o meio ambiente, responsável por uma grande parte da produção de rejeitos, causando estragos. A sua extração desordenada, ocasiona em desmatamentos, assoreamento de rios, córregos e destruição de nascentes, além de seus resíduos causarem problemas respiratórios graves. A presente pesquisa visou a interação entre o setor de produção de cimento e da extração de granito, responsável por gerar o RCG (Resíduo do Corte de Granito), material poluente, causador de doença pulmonar, sem o devido descarte e reutilização apropriada, buscando criar um composto de concreto utilizando o RCG em substituição parcial ao cimento, com teores de 10% e 20%, analisando sua viabilidade técnica e gerando um concreto sustentável. Através da pesquisa experimental quantitativa, foi realizada a caracterização dos materiais utilizados, bem como a aferição do concreto endurecido quanto a sua resistência a compressão axial e tração na compressão diametral, analisando, assim, suas propriedades mecânicas. A investigação dos resultados obtidos permitiu averiguar que o concreto com cimento parcialmente substituído pelo RCG, nas porcentagens estudadas, mesmo produzindo um composto com resistência inferior ao convencional, alcançou resistência suficiente para ser utilizado como concreto estrutural, sendo tecnicamente viável e, de modo consequente, contribuindo para as práticas sustentáveis e redução dos impactos ambientais causados pela produção de cimento e extração do granito.

PALAVRAS CHAVE: Cimento Portland, Granito, Concreto Sustentável.

ABSTRACT

The manufacture of Portland Cement is an activity that generates environmental impacts, from the extraction of natural resources to atmospheric pollution through gases, so the study of options to reduce the pollution caused by its production becomes essential for sustainable development. Granite extraction is a major generator of pollution for the environment, responsible for a large part of the tailings production and causing damage to its disordered extraction, causing deforestation, siltation of rivers, streams and destruction of springs, as well as their residues cause serious respiratory problems. This research aimed at the interaction between the cement production and granite extraction sector, responsible for generating the GCR (Granite Cutting Residue), a pollutant material that causes lung disease, without proper disposal and reuse, seeking to create a concrete composite using RCG in partial replacement of cement, with contents of 10% and 20%, analyzing its technical feasibility and generating a sustainable concrete. Through quantitative experimental research, the characterization of the materials used, as well as the measurement of hardened concrete for its resistance to axial compression and tensile strength in diametral compression was performed, thus analyzing their mechanical properties. The investigation of the obtained results allowed to verify that the cement concrete partially replaced by the RCG, in the studied percentages, even producing a compound with inferior strength to the conventional one, reached enough resistance to be used as structural concrete, being technically viable and, consequently, contributing to sustainable practices and reducing environmental impacts caused by cement production and granite extraction.

KEYWORDS: Portland Cement, Granite, Sustainable Concrete.

1 INTRODUÇÃO

O Cimento Portland, matéria-prima principal para fabricação do concreto, é um material que está presente em vários tipos de construções, desde casas populares a grandes prédios de centros urbanos. No entanto o processo de fabricação do cimento é um grande gerador de impactos ambientais, desde erosão, devido extração de calcário, até poluição atmosférica através dos gases liberados na fabricação do clínquer. Desta forma, o estudo de maneiras de reduzir a poluição e o impacto ambiental gerado durante a fabricação do cimento torna-se essencial para o desenvolvimento sustentável, uma vez que a construção civil tende a crescer e desenvolver.

Um dos objetivos dos pesquisadores da área de materiais de construção é desenvolver um concreto cada vez menos poluente e que reaproveite resíduos da sua e de outras áreas, pois, segundo Fernandes e Amorim (2014), o grande consumo de recursos naturais causados pela construção civil gerou preocupação por parte dos ambientalistas, deste modo, com o advento da sustentabilidade, pesquisas voltadas para o reaproveitamento e reciclagem desses materiais tornam-se cada vez mais frequentes. Sendo assim, o concreto sustentável ganha cada vez mais espaço na construção civil, transformando-se em uma alternativa válida afim de amenizar as mazelas causadas pelos processos da construção civil.

Devido à escassez dos recursos naturais, o impacto gerado na fabricação do cimento e a geração de resíduos provenientes de marmorarias, a presente pesquisa visa analisar a viabilidade técnica de um concreto sustentável feito com a substituição parcial do cimento por Resíduo do Corte de Granito (RCG).

O presente trabalho tem como objetivo medir e comparar a resistência à compressão axial do concreto com RCG em relação ao convencional, bem como a resistência à tração por compressão diametral e determinar a viabilidade técnica para produção desse tipo de concreto. Com intuito de aferir as propriedades mecânicas de um composto utilizando o RCG em substituição parcial ao cimento.

A extração do granito é uma grande geradora de poluição para o meio ambiente, responsável por uma grande parte da produção de rejeitos (RCG) e causando estragos desde a sua extração desordenada, que ocasiona em desmatamentos, assoreamento de rios, córregos e destruição de nascentes, até problemas respiratórios graves, além de doenças pulmonares como a fibrose pulmonar, que pode levar a morte, como segundo Zonta (2016) destacando que o número de trabalhadores de mineração no Brasil que possuem silicose (doença causada pela fibrose pulmonar) chega a 500 mil, devido a inalação de partículas como dióxido de silício e poeiras durante as atividades de extração de mineral e garimpo.

Desta forma, torna-se válida a reutilização do RCG, que são responsáveis por adsorver poluentes a água, bem como causar problemas de saúde, retirando-os da natureza, causando, assim, um impacto positivo ambiental e socialmente, fomentando o seu reuso, evitando o contato da população com o mesmo, testando a utilização do resíduo de corte de granito em substituição parcial ao cimento no concreto, obedecendo os padrões mínimos de resistência, criando um composto semelhante ao convencional, visando produzir um concreto viável tecnicamente.

Nesse contexto, o trabalho busca alternativas para reaproveitar os resíduos gerados nos cortes de granito, assim como uma opção para diminuição do uso do Cimento Portland, ambas atividades poluidoras, analisando a viabilidade técnica para a produção de um concreto sustentável no qual o RCG substitua parcialmente o cimento, dando uso ao até então inerte RCG, resultando em ganhos ambientais e incentivando técnicas construtivas sustentáveis que ainda são pouco usadas na região dos vales do Jequitinhonha e Mucuri.

A utilização de RCG como material de substituição parcial do aglomerante tende a produzir um concreto com resistência similar ao convencional, o emprego do RCG no concreto irá contribuir para a redução do impacto ambiental das marmorarias, sendo possível obter um concreto para uso estrutural a partir da substituição parcial do cimento por RCG. Como segundo Gonçalves (2000), em sua obra, afirma que o concreto com RCG tende a produzir um composto com resistência similar ao convencional quando a taxa de utilização do resíduo é igual a 10% da massa total do aglomerante.

1.1 Produção do Cimento

O Cimento Portland é um aglomerante hidráulico resultante da mistura homogênea de clínquer Portland, gesso e adições normalizadas finamente moídos (PEREIRA et al, 2013). A ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) define cimento como um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob ação da água.

Os materiais que compõem o cimento são: calcário, argila, minério de ferro, areia, gesso, aditivos como escória de alto forno, materiais pozolânicos e carbonativos, sendo os aditivos podendo ser adicionados ou não, dependendo do tipo de cimento que se quer produzir.

É obtido aquecendo-se calcário e argila até a clinquerização (clínquer de cimento), depois mói-se a mistura até obter-se um produto de textura fina, sendo aglomerantes hidráulicos que determinam as características do concreto (LEONHARDT; MONNIG, 2008). A figura 1, abaixo, mostra o fluxograma do processo de produção de cimento.

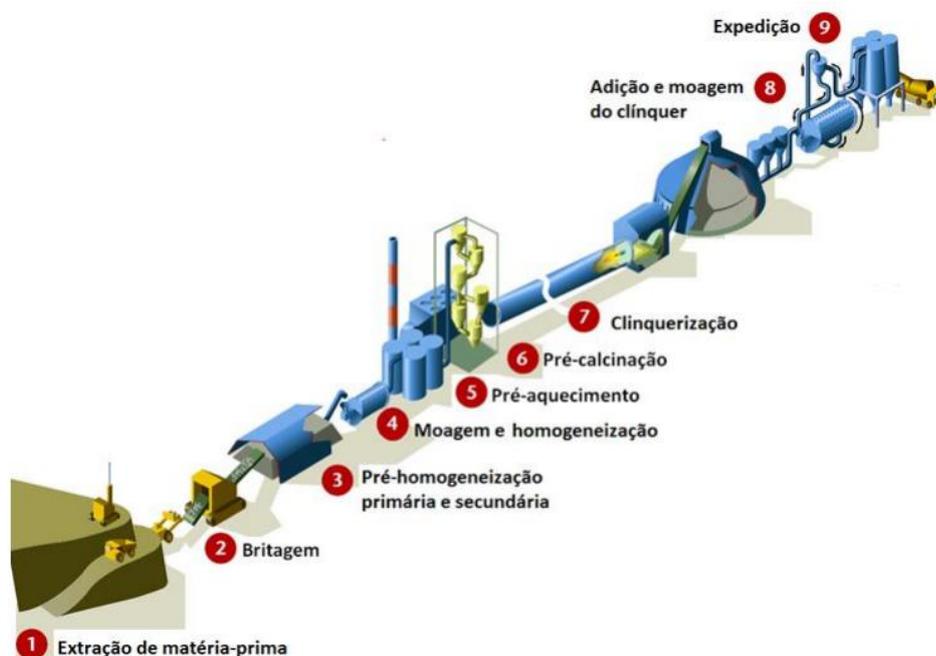


Figura 1 – Principais etapas do processo de produção de cimento (BELATO, 2013).

Em sua obra, SANTI (2004) afirma que em todas as etapas do processo – moagem e homogeneização das matérias-primas; clinquerização no forno rotativo e resfriamento do clínquer; moagem do clínquer, adições e produção de cimento; ensacamento e expedição do produto; e pontos de transferência de materiais – há fontes de poluição. Fato que evidencia o potencial poluidor da produção de cimento e a necessidade cada vez maior de soluções que amenizem esses impactos.

A produção de cimento é uma grande colaboradora no lançamento de CO_2 na atmosfera, o que gera um grande revés em relação ao crescimento econômico gerado por essa indústria ao longo dos anos. Os maiores impactos ambientais evidenciam-se durante o processo de clinquerização, onde concentram-se os maiores consumos de energia e geração de CO_2 (MAURY, 2012).

O CO_2 é um dos maiores responsáveis pelo efeito estufa e sua emissão desenfreada pode causar danos irreparáveis ao planeta, sendo assim, uma proposta que possa diminuir seu lançamento na atmosfera sempre será válida.

Em seu processo produtivo, o cimento causa ainda outros impactos ambientais, segundo Santi (2004), além da emissão do dióxido de carbono (CO_2) os principais poluentes emitidos durante a produção de cimento são: material particulado, óxidos de enxofre e de nitrogênio, dioxinas, furanos, metais pesados, resíduos de combustão incompleta e ácidos halogenados.

As operações das fábricas de cimento trazem impactos ambientais negativos em todas as fases da fabricação. Em todas as etapas ocorre a poluição do ambiente através de material particulado e ruídos gerados pelas máquinas e equipamentos, ocorre também a degradação da fauna e flora devido a exploração das minas de calcário (CHAVES et al, 2014).

1.2 Extração do granito e suas propriedades

Rocha é um agregado natural de um ou mais minerais e/ou fragmentos de outras rochas que constitui parte importante da crosta sólida da Terra (MACIEL FILHO; NUMMER, 2014). Um dos materiais mais antigos utilizado pelo homem sem dúvida são as rochas, na construção civil

diversas construções antigas construídas com pedras perduram e resistem a ação do tempo até hoje.

Porém com a modernização da utilização do aço e os adventos da produção de concreto, a rocha deixou de ser utilizada como protagonista, em meados do século XIX, conforme afirma Mauro (2011), mais tarde, houve o retorno do uso de rochas, trazendo aspectos estéticos, conciliados com qualidade mais duradoura.

Hoje em dia popularizou-se a utilização do granito como pedra ornamental e sua extração é feita a partir da mineração em jazidas de granito. A mineração é uma atividade que exerce forte interferência no ambiente natural e contribui para a sua deterioração, trata-se da extração de recursos naturais do solo e do subsolo dos mais variados tipos e usos (BARRETO, 2011). O granito é um produto extraído da natureza na sua forma rústica, numa ampla variedade de cores, proporcionando aos especificadores um leque de soluções estéticas para seu uso e podendo ser submetido a processos de industrialização para seu desdobramento em formas aplicáveis em vários segmentos da construção civil (MAURO, 2011).

Em contrapartida a tamanho uso desse material, o impacto ambiental causado da sua extração é igualmente considerável. As mazelas causadas pela extração mineral são muitas, de forma resumida destacam-se: os recursos hídricos são tomados por partículas sólidas vindas do processo de extração, beneficiamento e da infraestrutura, óleos, graxas e elementos químicos deixados no solo podendo alterar águas subterrâneas, poluindo matéria prima indispensável para a atividade humana, a geologia de sua área é perdida após a abertura da cava modificando de forma brusca o relevo, podendo causar erosões voçorocas e assoreamentos (BARRETO, 2011).

1.3 Concreto Sustentável

O desenvolvimento econômico e estratégico de um país está diretamente ligado ao desenvolvimento da infraestrutura do mesmo, seja através de construções públicas ou privadas. Para tal desenvolvimento o principal insumo utilizado é o concreto em suas diversas formas, seja para pavimentação, fins estruturais, revestimento ou outros.

Um dos grandes problemas do alto consumo desse insumo são as questões ambientais das quais ele está envolvido, como por exemplo a retirada de agregados naturais do meio ambiente, causando em algumas cidades a necessidade de locomoção de grandes distancias para que se consiga esse tipo de material bem como a alta produção de CO₂ na fabricação do cimento.

O concreto sustentável é todo aquele concreto que venha a gerar economia de matéria prima, água e energia não renovável, inclusive a redução da produção de resíduos ocasionados pela produção do concreto (ÂNGULO et al, 2002). Ou seja, é todo aquele composto que gera além do reaproveitamento de materiais, tenha viabilidade econômica e técnica.

Segundo Novelli (2009), este tipo de material ecológico é mais utilizado em lugares onde ocorre baixo impacto, como na construção de calçadas e na pavimentação de ruas, os quais não precisam de uma resistência tão elevada como uma casa ou um edifício, já que como o concreto sustentável é considerado um material não estrutural, não há ainda como comprovar a sua total eficácia na confecção de vigas e de pilares.

É importante a procura por aproveitamento de rejeitos de outros materiais, como afirma Menezes et al (2002), o aproveitamento dos rejeitos através de estudos capazes de detectar suas potencialidades e viabilizar sua seleção preliminar é encarado hoje como atividade complementar, que pode contribuir para diversificação dos produtos, diminuição dos custos finais, além de resultar em “novas” matérias-primas para uma série de setores industriais.

1.3.1 Concreto com Resíduos de Construção e Demolição

Segundo Porto e Silva (2008) a construção civil é um dos setores de produção que mais desperdiça na utilização dos recursos naturais. E ainda completa que a geração do entulho em canteiro de obras durante a fase de construção, causada pelo alto desperdício de materiais e até pelo próprio processo construtivo, tem ocasionado inúmeros problemas de ordem econômica e ambiental.

O grande problema da utilização de resíduos de construção e demolição é cultural, uma vez que há desconfiança de construtores e clientes quanto ao bom desempenho dos produtos gerados pelo mesmo (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Sendo assim, a busca por formas de reaproveitamento desses resíduos torna-se válida. Na obra de Zucca et al (2018), os resíduos gerados pela construção civil foram reaproveitados na confecção de blocos para alvenaria de vedação. Ao final foi concluído que a reutilização dos Resíduos de Construção Civil (RCC) é uma opção viável e ambientalmente correta, mostrando que o concreto feito com RCC em substituição total aos agregado graúdo teve bom desempenho no ensaio de resistência a compressão, utilizando o traço de 1:4:6.

1.3.2 Concreto com Borracha de Pneu

Os pneus automotivos apresentam tempo indeterminado de decomposição na natureza, representando grande preocupação quanto aos impactos ambientais. Os pneus descartados de forma inadequada podem causar muitos problemas ao acumular água e potencializar a proliferação de vetores de doenças (MORERIA; FIDELIS; DIAS, 2014). Desta forma pesquisas sobre a reutilização desse material estão cada vez mais relevantes, principalmente na construção civil.

Em sua dissertação, Martins (2005), produz um concreto de alto desempenho (CAD) adicionando resíduos de Borracha de Pneu, concluindo que, mesmo a resistência à compressão tendo diminuído, o concreto de alto desempenho adicionado de baixas porcentagens de resíduos de borracha manteve valores significativos para o CAD.

O concreto confeccionado com adição do pó de borracha de pneu apresenta uma melhora em termos de resistência, como afirma Silva et al (2014), onde testa a capacidade de resistência a compressão do concreto com esse aditivo e obtém resultados satisfatórios, concluindo que quanto maior o tempo de cura do concreto, maior a sua resistência à compressão e durabilidade.

1.3.3 Concreto produzido com RCG

A utilização do granito popularizou-se como pedra ornamental e sua extração é feita a partir da mineração em jazidas de granito. A mineração é uma atividade que exerce forte interferência no ambiente natural e contribui para a sua deterioração, e trata-se da extração de recursos naturais do solo e do subsolo dos mais variados tipos e usos (BARRETO, 2011).

O uso de rochas ornamentais na construção civil no século XXI teve um crescimento extremamente significativo, segundo Peiter (2001) a produção mundial noticiada de rochas ornamentais e de revestimento é de aproximadamente 55 milhões de toneladas/ano.

Segundo Gonçalves, Moura e Molin (2002) a adição de RCG ao concreto melhora tanto sua resistência a compressão quanto a tração. Reforçado por Gonçalves (2000), que em sua obra

conclui que o concreto com adição em 10% de RCG mostrou-se superior em todos os aspectos mecânicos testados (compressão axial, tração na compressão diametral e tração na flexão), apresentando-se como o teor ótimo, sendo viável tecnicamente e uma forma válida de reutilização desse resíduo.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma abordagem quantitativa experimental, pois foram realizados ensaios laboratoriais quantificando os resultados, determinando as variáveis aplicadas, testando a funcionalidade dos materiais escolhidos seguindo condições adequadas para o seu tratamento. Segundo Marconi e Lakatos (2018), esse tipo de pesquisa possui uma garantia de confiabilidade, particularmente pelo rigor matemático-estatístico e controle das variáveis. Seguindo esse preceito define-se a pesquisa como quantitativa, pois trata-se da análise de números e coleta de dados. Esse tipo de pesquisa só tem sentido quando há um problema muito bem definido e há informação e teoria a respeito do objeto de conhecimento, entendido aqui como o foco da pesquisa e/ou aquilo que se quer estudar (SILVA; LOPES; BRAGA JUNIOR, 2014). Sendo assim foi necessário a verificação de dados numéricos para realização da pesquisa em laboratório.

A pesquisa experimental foi dividida em duas etapas, onde na primeira tratou-se de definir a caracterização dos materiais utilizados. Os materiais (areia e brita 19mm) foram obtidos da Pedreira Mattar, o Cimento Portland utilizado para o traço do concreto foi o CPIII 40RS da marca Cauê, por fim, o RCG que é um resíduo proveniente do corte de granito, realizado através do corte das rochas por fios diamantados, foi obtido por doações de empresas do ramo de extração de granito da cidade de Medina – MG. Os materiais, agregados graúdos, miúdos e RCG, foram caracterizados seguindo as normas da tabela 1.

Tabela 1 – Normatização utilizada para caracterização dos materiais (autores, 2019).

Norma	Ano	Título
NM-30	2001	Agregado Miúdo: determinação da absorção de água
NM-45	2006	Agregado: determinação da massa unitária.
NM-52	2009	Agregado miúdo: determinação da massa específica.
NM-53	2003	Agregado graúdo: determinação da massa específica.
NM-248	2003	Agregado: determinação da composição granulométrica.

O conhecimento da massa unitária do agregado é de grande importância, pois é por meio dela que se fazem as transformações dos traços em peso para volumes e vice-versa, bem como é um dado interessante para o cálculo do consumo do material empregado por m³ de concreto (MARTINS, 2008).

No estudo de dosagem de concretos, a determinação da massa específica de seus constituintes é importante, pois através da mesma pode-se calcular o consumo de materiais utilizados na produção das misturas (CARRIJO, 2005).

A granulometria do agregado miúdo e do RCG foi obtida seguindo a NBR NM 248 (ABNT, 2003), realizando o peneiramento dos materiais utilizando as peneiras da série normal, obtendo o módulo de finura da areia como sendo 1,96 e do RCG como 1,08. Segundo Rodrigues (1998) este é um fator importante para a determinação da proporção entre agregado graúdo e miúdo na produção dos traços de concreto e determinação do valor de abatimento e resistência do projeto.

Para atingir a resistência e trabalhabilidade desejada foi utilizado o método de dosagem de concreto da ABCP, que visa adquirir o traço do concreto com relação ao consumo água/cimento. Como o material substituído foi o cimento, realizou-se o cálculo de um único

traço, sendo utilizado de forma padrão, fazendo apenas a substituição do cimento pelo RCG de forma proporcional.

Para trabalhabilidade do concreto, utilizou-se a NBR NM 67 (ABNT, 1998), norma Mercosul que tem como objetivo especificar um método para determinar a consistência do concreto fresco através da medida de seu assentamento, em laboratório e obra, realizando o abatimento do tronco cônico com adensamento manual.

Desta forma obteve-se através do método da ABCP um traço igual a 1:1,61:2,95. No resultado do assentamento do tronco cônico obteve-se para o Traço 0 o valor de abatimento de 80mm, para o Traço 1 obteve-se 75mm e no Traço 2 também se obteve 75mm, todos valores satisfatórios para trabalhabilidade desejada do concreto, tendo ambos os traços o valor da proporção água/cimento 0,52.

Os corpos de prova foram moldados a partir das determinações da NBR 5738 (ABNT, 2015), sendo os ensaios de compressão axial seguindo a NBR 5739 (ABNT, 2018) e os de tração por compressão diametral de acordo com a NBR 7222 (ABNT, 2011) obedecendo os tempos de cura propostos anteriormente.

A segunda parte da pesquisa tratou da produção do concreto para realização dos ensaios de compressão axial e diametral dos corpos de prova bem como o ensaio de absorção de umidade. Para determinação das propriedades do concreto foi utilizado método de dosagem da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). Definindo as características dos materiais para um concreto com resistência de 30Mpa e trabalhabilidade para o ensaio tronco de cone conforme a NBR 67 (ABNT,1998) com abatimento de 80mm. Esse método determina a resistência aproximada do concreto aos 28 dias de secagem. Em seguida foi determinado o fator água/cimento e consumo aproximado dos materiais. Ao final determinou-se o traço dos concretos a serem testados, realizando ajustes, já que tal método utilizado fornece uma aproximação e pode sofrer alterações após a realização dos ensaios, caso seja necessário.

Foram confeccionados, no laboratório de materiais de construção da UniDoctum Teófilo Otoni – MG, 90 corpos de prova (CP), destinando 30 como referência (Traço 0), 30 com substituição do cimento por RCG em 10% (Traço 1) e 30 com outra substituição, dessa vez em 20% (Traço 2). Os CP's foram testados nos intervalos de 7, 14 e 28 dias, ficando todos submersos em água durante a cura, sendo 5 para o teste de compressão axial e 5 para compressão diametral, em cada idade testada. Os ensaios mecânicos nos CP's foram realizados no laboratório da Pedreira Mattar, localizado na Av. Minas Gerais, 1760 - São Cristóvão, Teófilo Otoni – MG.

Para realização dos procedimentos descritos foram utilizadas as normas da tabela 2:

Tabela 2 – Normatização utilizada para confecção e teste dos corpos e prova (Autores, 2019).

Norma	Ano	Título
NM-67	1998	Concreto: determinação da consistência.
NBR-5738	2015	Concreto: moldagem e cura de corpos de prova.
NBR-5739	2018	Concreto: ensaio de compressão em corpos de prova cilíndricos.
NBR-7222	2011	Argamassas e concretos – Determinação da resistência a tração por compressão diametral.

Antes da realização do ensaio de compressão axial foi necessário retificar os CP's, utilizando a retífica automática da marca Stuhlert, ilustrado na figura 2, do laboratório da Pedreira Mattar. Essa máquina foi utilizada para fazer o capeamento dos Corpos de Prova com as dimensões em questão (10x20cm), deixando sua superfície perfeitamente reta para que o ensaio da compressão axial se tornasse válido.



Figura 2 – Máquina retificadora utilizada (Autores, 2019).

Os ensaios foram realizados na prensa elétrica digital para testes de compressão da marca Solocap modelo 4HCIC, como mostra a figura 3, também pertencente ao laboratório da Pedreira Mattar. Para esses ensaios os CP's foram posicionados verticalmente (em pé), com suas superfícies retificadas para o teste de compressão axial e na horizontal (deitados) para o teste de tração na compressão diametral.



Figura 3 – Máquina de compressão utilizada para realização dos ensaios (Autores, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização dos Materiais

Para a realização do cálculo do traço do concreto determinou-se previamente a caracterização dos agregados utilizados e do Cimento Portland, determinando a granulometria, evidenciando-se o módulo de finura, diâmetro máximo característico (DMC), massa unitária (solta e compactada), massa específica e índice de absorção de água, dispostos na tabela 3.

Tabela 3 – Caracterização dos materiais utilizados (Autores, 2019).

Propriedade	Material				Unidade
	Areia	Brita	RCG	Cimento Portland	
Módulo de Finura	1,96	-	1,08	-	-
DMC	-	19	-	-	mm
Massa Unitária Solta	1,488	1,451	0,991	-	g/cm ³
Massa Unitária Compactada	-	1,496	-	-	g/cm ³
Massa Específica	2,65	2,569	2,748	2,95	g/cm ³
Absorção de Água	0,20	0,27	14,42	-	%

3.2 Resistência a Compressão Axial

Para realização do ensaio de resistência a compressão axial os CP's foram submetidos a cura submersa em água e testados nos intervalos de 7, 14 e 28 dias, sendo destinados 5 do traço 0 (referência), 5 do traço 1 (10% RCG) e 5 do traço 2 (20% RCG) para tal finalidade, fazendo a média simples dos resultados obtidos.

Os CP's de 14 dias dos traços 1 e 2 tiveram que ser rompidos sem retificação e utilizando a máquina de compressão do laboratório de materiais de construção da UniDoctum, devido a problemas mecânicos na retífica do laboratório da pedreira Mattar, tal problema acarretou em imprecisão nos dados obtidos nesse intervalo, pois a não retificação dos corpos de prova prejudica os resultados obtidos, segundo Fernandes (2011) a regularização dos topos do CP é um dos principais fatores intervenientes na variabilidade do ensaio, a autora ainda conclui que a presença de ranhuras ocasiona o acúmulo de tensões em alguns pontos do CP, provocando o aumento de tensões na superfície devido a diminuição da área de contato no momento da aplicação da carga pela prensa. A utilização de uma máquina diferente para romper os CP's também pode ter prejudicado a obtenção dos resultados, devido a sua calibração e forma de funcionamento diferentes, tais problemas acarretaram em uma grande distorção nesses ensaios.

Ao realizar o ensaio no intervalo de 28 dias os corpos de prova do traço 0 e traço 1 também não puderam ser retificados, causando outra imprecisão na obtenção dos resultados, porém a prensa utilizada nesses CP's foi a do laboratório da Pedreira Mattar, fator que ameniza a distorção nos resultados obtidos. Os CP's do traço 2 puderam ser retificados e rompidos sem complicações. A média das resistências obtidas em cada intervalo pode ser observada no Gráfico 1.

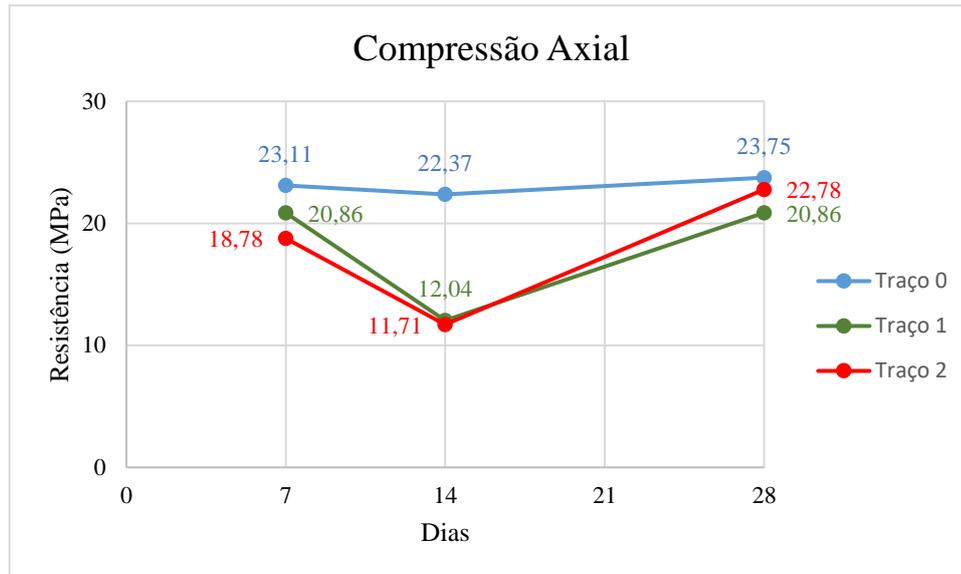


Gráfico 1 – Resistência a compressão axial entre 7, 14 e 28 dias (Autores, 2019).

Nos 7 primeiros dias o traço 0 manteve-se com maior resistência em relação aos outros, cuja resistência média foi de 23,11MPa, tendo o traço 1 média de 20,86MPa e o traço 2 com 18,78MPa, resultado esperado, levando em consideração os dois últimos traços terem a diminuição de 10% e 20% do uso de cimento respectivamente.

Dessa forma, verificou-se que os 7 dias houve um aumento de 9,97% do traço 1 em relação ao traço 2 para compressão axial, porém ocorreu a diminuição de 9,73% quando comparado o traço 1 com o 0, evidenciando uma pequena proporcionalidade entre os percentuais de variação enquanto diminuiu-se a quantidade de cimento Portland e acrescentou-se RCG.

Aos 14 dias houve uma grande discrepância nos resultados, evidenciado pela não retificação dos CP's dos traços 1 e 2 e mudança da prensa que realizou a compressão dos mesmos, ao final dos ensaios o traço 0 constatou uma pequena diminuição em sua resistência, com valor médio de 22,37MPa, porém os traços 1 e 2 obtiveram uma queda significativa em seus resultados, tendo 12,04MPa e 11,71MPa, respectivamente, em seus valores. Queda resultada pela não uniformidade da superfície dos corpos de prova, o que gerou a imprecisão dos valores, mostrando a importância da retificação dos corpos de prova antes da execução do ensaio de compressão axial.

Pôde-se observar ao final dos 14 dias um valor ligeiramente menor do traço 0 em relação aos 7 dias, sendo 3,20% menor, já os traços 1 e 2 foram considerados insuficientes para análise e foram descartados seus valores nesse intervalo.

Por fim, aos 28 dias, mesmo sem a retificação dos corpos de prova dos traços 0 e 1, os mesmos apresentavam superfícies mais uniformes, por tal razão apresentaram resultados mais condizentes para análise. O traço 0 apresentou valor final médio de 23,75MPa, crescimento de 5,81% em relação ao seu valor de 14 dias, já o traço 1 teve o cômputo final de 20,86MPa, resultado igual ao de 7 dias, apresentando um valor mais satisfatório com a resistência calculada e desconformidade menor, mesmo sem a retificação, o que pôde ter sido notabilizado pelo uso da mesma prensa inicial utilizada nos CP's de 7 dias, sendo 12,17% menor em relação ao traço 0 no mesmo intervalo.

O traço 2 teve o seu ensaio normalmente realizado, os corpos de prova foram devidamente retificados e seu resultado foi mais cômputo. Ao final dos 28 dias apresentou resistência de 22,78MPa, valor superior ao traço 1, prejudicado pela não retificação, com uma

superioridade de 8,43% e 4,08% inferior ao traço 0, que se manteve acima dos demais em todos os intervalos.

Diante dos resultados observou-se uma leve diminuição nos valores finais de resistência nos concretos moldados com RCG, mantendo uma pequena proporcionalidade de acordo com a substituição gradativa de cimento pelo resíduo. Em sua obra, Gonçalves (2000) estudou avaliando a utilização do RCG como adição ao concreto em suas propriedades mecânicas, encontrando valor de massa específica similar ao do presente trabalho, com $2,78\text{g/cm}^3$, concluindo ao final que o concreto com RCG como adição apresenta desempenho superior ao convencional, com aumento de 8% para o teor de 10% de resíduo e 19,6 % para o concreto com teor de 20% de RCG adicionado, levando em conta a diferença entre as formas de se aplicar o RCG, um como adição e outro como substituição, era de se esperar tal disparidade.

Já Oliveira et al (2011) trabalhou com a utilização de resíduos de granito como substituição ao cimento na avaliação das matrizes cimentícias, encontrando resultados semelhantes tendo o concreto apresentado diminuição a medida em que se diminuía o cimento, acrescentando RCG com teores de 10% e 20%, obtendo resultados não satisfatórios para proposta de sua pesquisa.

Na obra de Moura, Gonçalves e Leite (2002), foi testada a utilização do resíduo do corte de mármore e granito (RCMG) em argamassas de revestimento e em lajotas para piso, o RCMG foi utilizado em substituição a areia e apresentou resultado satisfatório quanto ao seu uso para tal fim, gerando resultados superiores para resistência a compressão com teor de substituição de 10% em todas as idades em relação as argamassas de referência, concluindo ao fim da obra que o RCMG não apresenta riscos ambientais e o uso desse resíduo contribui para a diminuição do impacto ambiental causado pelo elevado consumo de agregados naturais pela construção civil. Desta forma fica evidente a efetiva contribuição do reaproveitamento dos resíduos do corte de granito quanto concreto sustentável.

Matta et al (2013) avalia, em sua obra, os efeitos da adição do RCMG em argamassas de Cimento Portland e conclui ao final do trabalho que a adição do RCMG incrementa a resistência mecânica das argamassas, tendo o teor de 10% atingido resultado satisfatório para compressão axial, atestando a viabilidade técnica do uso dos resíduos. Resultado que reforça a proposta inicial do presente trabalho quanto a efetividade do reaproveitamento do RCG, tendo em vista os resultados positivos obtidos em obras similares a apresentada.

Gonçalves, Moura e Molin (2002), definem o RCG como um material de forma irregular e angulosa, com estrutura tipicamente cristalina. É mostrado no trabalho que as misturas com adição de RCG apresentam maior coesão e consistência, proporcionando ao concreto melhor desempenho quanto a compressão axial em todos os teores testados, resultado compatível com o apresentado nesta obra, pois mesmo apresentando diminuição na resistência, por se tratar da substituição do Cimento Portland por RCG, o concreto mostrou-se com valor satisfatório no quesito, mantendo potencial para utilização de forma estrutural.

A NBR 6118 (ABNR,2014) define todo concreto com classe C20 ou superior, ou seja a partir de 20MPa de resistência característica a compressão axial aos 28 dias, conforme NBR 5739 (ABNT,2018), caracterizado como concreto estrutural, podendo, nessa classe, ser aplicado em armaduras passivas, sendo assim, os concretos dos traços 1 e 2 possuem potencial de utilização como concretos estruturais, trazendo benefício ambiental, levando em conta o reaproveitamento de um resíduo em substituição ao cimento sem modificações nos traços e aumento no uso de outros agregados, sendo viável tecnicamente.

3.3 Resistência a Tração por Compressão Diametral

Os ensaios de compressão diametral foram realizados seguindo a mesma lógica introduzida, com intervalos de 7, 14 e 28 dias reservando a mesma quantidade de corpos de prova para cada

intervalo, como feito durante a compressão axial, mantendo o mesmo percentual de substituição de cimento por RCG.

No intervalo de 14 dias os CP's dos traços 1 e 2 foram rompidos no laboratório de materiais de construção da UniDoctum, devido aos problemas decorridos ao longo do trabalho já citados anteriormente, por não haver a necessidade de retificação nesse ensaio, não houve grande discrepância nos resultados desse intervalo com relação aos outros, sendo que aos 28 dias os CP's puderam novamente ser rompidos no laboratório da Pedreira Mattar. Os valores obtidos estão dispostos no Gráfico 2.

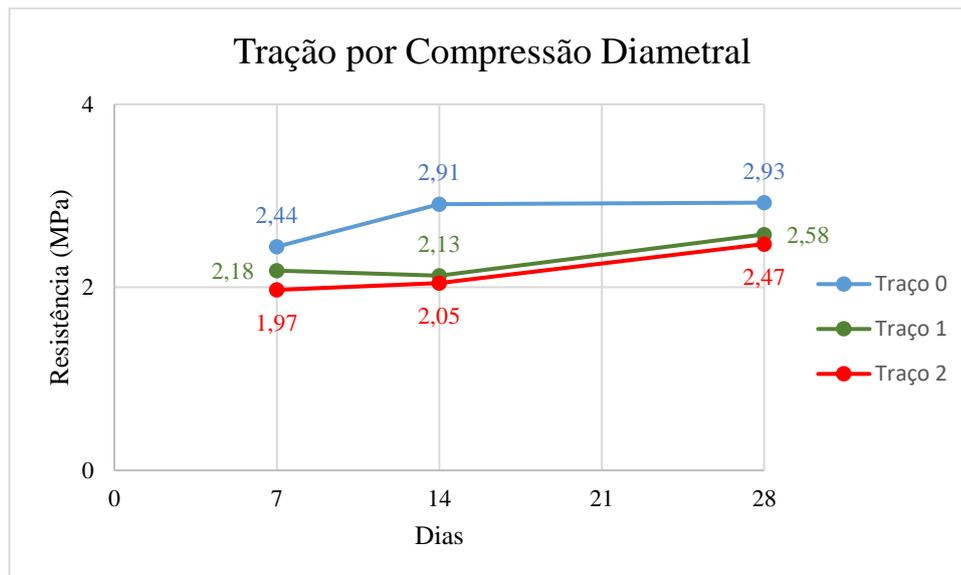


Gráfico 2 – Resultado do ensaio de tração por compressão diametral (Autores, 2019).

Ao analisar o Gráfico 2, pode-se observar que o traço 0 obteve o maior valor médio de resistência nos 7 primeiros dias, tendo 2,44MPa, o traço 1 alcançou o valor de 2,18MPa, já o traço 2 obteve 1,97MPa. Tendo o traço 0 obtido um percentual de 10,66% maior em relação ao traço 1 e de 19,26% em relação ao traço 2. O traço 1 foi 9,63% maior que o traço 2, mantendo uma pequena proporcionalidade, assim como houve na compressão axial.

Ao passar 14 dias o traço 0 alcançou a resistência de 2,91MPa, crescendo 16,15% nesse intervalo e mantendo-se superior ao traço 1 e 2, o primeiro com 2,13MPa, valor levemente menor que o de 7 dias, tendo diminuído 2,29%, e o último com 2,05MPa, crescimento de 3,90%.

Pode-se observar que nesse intervalo o traço 0 manteve-se superior aos demais, com um pequeno pico de crescimento, ficando 26,80% maior que o traço 1 e 29,55% maior que o traço 2. Mesmo perdendo resistência o traço 1 continuou superior ao traço 2, sendo 3,76% maior na comparação.

Ao fim dos 28 dias o traço 0 mostrou-se estabilizado com resistência de 2,93MPa, crescimento de 0,68%, os traços 1 e 2 obtiveram um crescimento maior em relação aos de 14 dias, devido a volta da utilização da prensa inicialmente usada. A resistência verificada no traço 1 foi de 2,58MPa, crescimento de 17,44%. E para o traço 2, resistência de 2,47MPa e 17% de crescimento.

O traço 0 manteve-se o maior entre todos, sendo 11,94% maior que o traço 1 e 15,70% maior em relação ao traço 2, já o traço 1 obteve valor 4,26% superior ao traço 2.

Em Gonçalves (2000) o concreto com adição de 10% apresentou um ganho na tração por compressão diametral de 7,2% em sua resistência, já a adição com teor de 20% mostrou um decréscimo 5,8% em relação a referência apresentada. Resultados apresentando baixa variação em seus percentuais tendo certa similaridade com os resultados obtidos no presente trabalho.

Gonçalves, Moura e Molin (2002), avaliam a utilização do RCG, como adição, em propriedades mecânicas do concreto e, quanto a tração na compressão diametral, definem o teor de 10% como o melhor comportamento em relação aos demais testados em todas as idades, resultado compatível com o apresentado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Examinando os objetivos propostos na presente pesquisa, a verificação da resistência à compressão axial e tração por compressão diametral, unidos com a caracterização dos agregados, permite-se definir que o concreto moldado com percentuais de RCG em substituição ao Cimento Portland possui resistência mecânica suficiente para sua efetiva utilização como concreto estrutural.

Em comparação, o concreto convencional obteve resistência superior aos demais produzidos, contudo o concreto produzido com percentuais de substituição de cimento em 10% e 20% mostraram-se viáveis tecnicamente para serem utilizados como concreto estrutural para produção de armaduras passivas, conforme NBR 6118 (ABNT, 2014), além da possibilidade da realização de ajustes na dosagem para alcançar resistências superiores.

Neste ponto de vista, a utilização do RCG como substituto parcial ao cimento, mostra-se uma alternativa para a diminuição dos impactos ambientais gerados pela extração de granito, sendo uma opção sustentável para produção de concreto.

Com estes resultados, a aplicação de técnicas sustentáveis na construção civil, através da interação com outros tipos de atividades torna-se válida, evidenciando a possibilidade de se buscar um ambiente onde os materiais e métodos construtivos visem a diminuição dos impactos ambientais causados pela constante extração de recursos não renováveis.

Vale pontuar que, mesmo existindo pesquisas analisando o uso do RCG no concreto, são poucas as que utilizam este material como substituto parcial do cimento, sendo um fator limitante para a discussão dos resultados desta pesquisa, por consequência e para futuras pesquisas, recomenda-se o estudo das seguintes propriedades: módulo de elasticidade, absorção de umidade, massa específica, resistência a flexão e também a utilização de diferentes dosagens, bem como fatores água/cimento, para obtenção de traços com diferentes propriedades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto: moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto: ensaio de compressão em corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**: Argamassas e concretos – Determinação da resistência a tração por compressão diametral. Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 30**: Agregado Miúdo: determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 45**: Agregado miúdo: determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 52**: Agregado miúdo: determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 53**: Agregado graúdo: determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 67**: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 248**: Agregado: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND Guia básico de utilização do cimento portland. 7.ed. São Paulo, 2002. 28p. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/cms/wp-content/uploads/2016/05/BT106_2003.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2019.
- ÂNGULO, S. C.; ULSEN, C.; KAHN, H.; JOHN, V. M. Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD. In: V Seminário de Desenvolvimento sustentável e a reciclagem na construção civil. IBRACON CT-206/IPEN. Anais. São Paulo, 2002.
- AZEVEDO, Felipe Fernandes de et al. AGREGADOS MIÚDOS: A Importância dos Agregados Miúdos no Controle Tecnológico do Concreto. **Conexão Eletrônica**, Três Lagoas, v. 14, n. 1, p.2079-2086, 2017.
- BARRETO, Marta Lucia Cassimiro do Nascimento; *Diagnóstico Ambiental da Exploração do Granito como Rocha Ornamental*. 2011, 38f, Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande 2011.
- BELATO, Mariana Natale. **ANÁLISE DA GERAÇÃO DE POLUENTES NA PRODUÇÃO DE CIMENTO PORTLAND COM O COPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS**. 2013. 192 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2013.
- BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, [s.l.], v. 61, n. 358, p.178-189, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO).
- CARRIJO, Priscila Meireles. **ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA MASSA ESPECÍFICA DE AGREGADOS GRAÚDOS PROVENIENTES DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO DESEMPENHO MECÂNICO DO CONCRETO**. 2005. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- CHAVES, Warley Alves Coutinho; MORAIS, Valdevan da Silva; OLIVEIRA, Patricia Chaves; EVANGELISTA, Wemerton Luís; *Análise de Indústrias Cimenteiras e Seus Impactos Socioambientais*, IFMG, VII Jornada Científica, 5f, Out. 2014.
- FERNANDES, Antônio Vitor Barbosa; AMORIM, José Ricardo Ribeiro. CONCRETO SUSTENTÁVEL APLICADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Cadernos de Graduação**: Ciências Exatas e Tecnológicas, Aracaju, v. 2, n. 1, p.79-104, mar. 2014.
- FERNANDES, Mariana Cepeda. **Influência da retificação de superfícies de corpos-de-prova na variabilidade da resistência à compressão no controle tecnológico do concreto**. 2011. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- GONÇALVES, Jardel Pereira. **Utilização de 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.
- GONÇALVES, Jardel Pereira, MOURA, Washington Almeida, MOLIN, Denise Carena Coitinho; *Avaliação Da Influência Do Resíduo De Corte De Granito (RCG), Como Adição, Em Propriedades Mecânicas Do Concreto*, Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 53-68, Jan./Mar. 2002.
- LEONHARDT, F.; MONNIG, E. **Construções de Concreto: Princípios Básicos do Dimensionamento de Estruturas de Concreto Armado**. 3. ed. Rio de Janeiro. Interciência, 2008.
- MACIEL FILHO, Carlos Leite; NUMMER, Andrea Valli. **Introdução à Geologia de Engenharia**. 5. ed. Santa Maria. Editoraufsm, 2014.
- MARTINS, Israel Rodrigo de Freitas. **Concreto de Alto Desempenho com Adição de Resíduos de Borracha de Pneu**. 2005. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2005.
- MARTINS, Paulo Benjamim Morais. **INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA AGREGADO MIÚDO NA TRABALHABILIDADE DO CONCRETO**. 2008. 93 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia Científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- MATTA, Vanessa Ribeiro Peixoto da et al. EFEITOS DA ADIÇÃO DO RESÍDUO DE CORTE DE MÁRMORE E GRANITO (RCMG) NO DESEMPENHO DS ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND NO ESTADO ENDURECIDO. **Ix Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 1, n. 9, p.87-104, 2013.
- MAURO, Giovanna Callegari; *Estudo Do Processo Produtivo Dos Granitos No Estado Do Espírito Santo Objetivando A Aplicação Destes Na Construção Civil*. 2011, 55f, Monografia – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- MAURY, M. B.; BLUMENSCHEN, R. N. *Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente*. Sustentabilidade Em Debate, v. 3, n. 1, p. 75–96, Brasília, 2012.
- MENEZES, R.R.; FERREIRA, H.S.; NEVES, G. de A; FERREIRA, H.C., *Uso de Rejeitos de Granitos Como Matérias-primas Cerâmicas*. Departamento de Engenharia de Materiais – Universidade Federal da Paraíba. 10f, Campina Grande, 2002.

- MOREIRA, José Franklin; FIDELIS, Vanessa Rosa Pereira; DIAS, João Fernando. Concreto com Borracha de Pneu Aplicado em Ciclovia. **Holos Enviroment**, Uberlândia, v. 14, n. 2, p.185-197, set. 2014.
- MOURA, Washington A.; GONÇALVES, Jardel P.; LEITE, Rôneison da Silva. Utilização do Resíduo do Corte de Mármore e Granito em Argamassas de Revestimento e Confecção de Lajotas para Piso. **Sittientibus**, Feira de Santana, n. 26, p.49-61, jun. 2002.
- NOVELLI, Rafael Passos. *As Vantagens de Utilizar Concreto Sustentável*. Disponível em: <<https://www.novesengenharia.com.br/as-vantagens-de-utilizar-concreto-sustentavel/>>. Acesso em: 07 Mar. 2019.
- OLIVEIRA, Douglas Marcus de et al. Utilização de resíduo de granito como substituição ao cimento Portland em matrizes cimentícias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 53., 2011, Florianópolis. **Anais...**. Florianópolis: Ibracon, 2011. p. 1 - 13.
- PEITER, C.C. et al. *Rochas Ornamentais no século XXI: bases de desenvolvimento sustentado das exportações brasileiras*. Rio de Janeiro: Cetem/Abirochas. 150p, 2001.
- PEREIRA, Ariany Cardoso et al. **CIMENTO PORTLAND**. 2013. Disponível em: <http://sinop.unemat.br/site_antigo/prof/foto_p_downloads/fot_7092cimento_pobtland_pdf.pdf>. Acesso em: 17 set. 2019.
- PORTO, Maria Edelma Henrique de Carvalho; SILVA, Simone Vasconcelos. REAPROVEITAMENTO DOS ENTULHOS DE CONCRETO NA CONSTRUÇÃO DE CASAS POPULARES. **Abepro**, Rio de Janeiro, p.2-12, out. 2008.
- RODRIGUES, Públio PF. Parâmetros de dosagem do concreto. Associação Brasileira de Cimento Portland. São Paulo/Brasil, 1998.
- SANTI, Auxiliadora Maria Moura; SEVÀ FILHO, Arsênio Oswaldo; *Combustíveis e Riscos Ambientais na Fabricação de Cimento: Casos na Região do Calcário ao Norte de Belo Horizonte e Possíveis Generalizações*, ANPPAS, II Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, 18f, Campinas, maio 2004.
- SILVA, Ana Paula Izidoro et al. CONCRETO SUSTENTÁVEL – PÓ DE BORRACHA DE PNEU. **Unipam**, Patos de Minas, nov. 2014.
- SILVA, Dirceu da; LOPES, Evandro Luiz; BRAGA JUNIOR, Sérgio Silva. PESQUISA QUANTITATIVA: ELEMENTOS, PARADIGMAS E DEFINIÇÕES. **Revista de Gestão e Secretariado - Gesec**, São Paulo, v. 5, n. 1, p.1-18, jan./abr. 2014.
- ZONTA, Márcio. **Doença respiratória atinge cerca de 500 mil trabalhadores da mineração**. 2016. Disponível em: <<https://www.brasildefato.com.br/2016/07/06/doenca-respiratoria-atinge-cerca-de-500-mil-trabalhadores-da-mineracao/>>. Acesso em: 13 jun. 2019.
- ZUCCA, Rafael et al. USO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO COMO AGREGADO GRAÚDO DESTINADO À CONFECÇÃO DE BLOCOS PARA ALVENARIA DE VEDAÇÃO. **Enciclopédia Biosfera**, [s.l.], v. 15, n. 27, p.1381-1392, 20 jun. 2018. Centro Científico Conhecer.