

**COMPÓSITOS EM CONCRETO VERDE COM ADIÇÃO DE CINZAS DE CASCA DE CAFÉ**

Dione da Costa Oliveira(*), Jéssica de Castro Inácio, Mariana de Faria Gardingo Diniz, Renata Pessoa Bifano

* Faculdade Vértice – UNIVÉRTIX – E-mail: dionecostaexatas@gmail.com

RESUMO

A indústria da construção civil desempenha um papel de grande importância social e econômica no país, gerando empregos e sendo responsável por uma parcela relevante no produto interno bruto brasileiro. No entanto, a construção civil é uma das áreas que mais gera resíduos sólidos na natureza. Um dos componentes deste grupo de resíduos sólidos é o concreto cuja concepção se dá por meios insustentáveis ambientalmente falando, tanto na produção de cimento emitindo gases de efeito estufa na atmosfera, quanto na extração de agregados, retirando matéria prima do ambiente e gerando impactos muitas vezes irreversíveis. Outro tema que permeia este trabalho é o impacto causado pelas cinzas da casca do café, que quando descartadas sem tratamento, podem causar grandes problemas ambientais. Neste trabalho avalia-se a possibilidade de adição das cinzas da casca do café no concreto em substituição ao agregado miúdo. O Resíduo oriundo da queima da casca do café sem controle de temperatura, quando utilizado na secagem dos grãos do café na própria fazenda foi utilizado para a fabricação de corpos de prova. A amostra foi destorroada e peneirada. O traço utilizado foi o de 1: 1,64 : 2,5 : 0,58, (em peso) para o concreto de referência. Para as demais composições foram feitas substituições parciais da areia de respectivamente 30, 50 e 70% pelas cinzas mantendo constantes as quantidades de cimento, brita e relação a/c. Observou-se que a incorporação das cinzas acarretou em mudanças significativas na resistência à compressão dos compósitos. Por meio da análise estatística pode-se comprovar que nenhum dentre os teores de incorporação propostos, apresentou melhores ganhos de resistência, ou seja, não se observou diferença estatística entre as diferentes amostras.

PALAVRAS-CHAVE: Resistência à compressão; Compósitos; Cinzas; Casca de café

ABSTRACT

The construction industry plays a role of great social and economic importance in the country, generating employment and being responsible for a relevant part of the Brazilian gross domestic product. However, construction is one of the areas that most generates solid waste in nature. One of the components of this group of solid residues is the concrete whose design is given by environmentally unsustainable means, both in the production of cement emitting greenhouse gases in the atmosphere, as in the extraction of aggregates, removing raw material from the environment and generating impacts many times irreversible. Another issue that permeates this work is the impact caused by the ashes of the coffee husk, which when discarded without treatment, can cause great environmental problems. In this work the possibility of adding the ashes of the coffee bark in the concrete in substitution to the small aggregate is evaluated. The residue from the coffee husk burning without temperature control, when used in the drying of the coffee beans on the farm was used for the manufacture of test specimens. The sample was smashed and sieved. The trace used was 1: 1.64: 2.5: 0.58, (by weight) for the reference concrete. For the other compositions, partial replacements of the sand of 30, 50 and 70% respectively were made by the ash keeping constant the amounts of cement, crushed and a / c ratio. It was observed that the incorporation of the ash resulted in significant changes in the compressive strength of the composites. By means of the statistical analysis it can be verified that none of the proposed incorporation contents presented better strength gains, that is, no statistical difference was observed between the different samples.

KEYWORDS: Compressive strength; Composites; Ashes; Coffee bark



INTRODUÇÃO

Ribeiro, Moura e Pirote (2016) afirmam que o setor da construção civil que, por se encontrar em franco desenvolvimento, tem contribuído com os problemas ambientais, pela geração de elevado volume de resíduos e pelo descarte indevido dos mesmos ocasionando com que o ambiente venha sofrendo agressões de diversas formas, isso ocorre devido à forma que esse desenvolvimento têm se apresentado.

Bohana *et al.* (2016) afirma que a construção civil é considerada como uma grande mola propulsora de um País, pois é um setor que contribui para mover positivamente a economia. A indústria da construção civil movimentando grandes quantias, gerando emprego para a população, aumentando a arrecadação dos cofres públicos e aquecendo direta e/ou indiretamente os serviços e setores ligados ao segmento. Entretanto, Fernandez *et al.* (2015) explicam que esse desenvolvimento tem consequências maléficas para o meio ambiente, causadas pela grande produção de rejeitos de obras. O setor da construção civil é o maior gerador de resíduos sólidos urbanos, cerca de 62% da massa total.

O concreto tomando como base a indústria da construção é o primeiro material mais utilizado no mundo. Em termos gerais, sem levar em consideração a indústria da construção podemos considerá-lo como o segundo (SILVA & LIMA, 2018). Segundo a *European Cement Association – CEMBUREAU* (2014) a produção mundial de cimento Portland – principal constituinte do cimento – em 2014 foi de aproximadamente 4,3 bilhões de toneladas. Sobre o clínquer, principal constituinte do cimento a Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (2012) acrescenta que em seu processo de produção, são emitidos diversos gases poluentes, destacando-se o dióxido de carbono (CO₂) e dióxido de enxofre (SO₂). Aproximadamente 90% das emissões de CO₂ oriundas da fabricação de cimento ocorrem durante a produção do clínquer, nos processos de calcinação/descarbonatação da matéria-prima, que se refere ao tratamento de remoção da água, CO₂ e de outros gases ligados a uma substância, e de queima de combustíveis no forno. Quanto à areia, outro constituinte do concreto, pode-se dizer segundo Mendes, Silva e Barbosa (2014) que sua exploração cresceu de forma considerável ultimamente, trazendo consigo um aumento de impactos ambientais como assoreamento, desmatamento e contaminação dos recursos hídricos com óleos e graxas.

Diante do exposto, é inevitável dizer que palavras como “concreto” e “sustentável” sejam termos difíceis de associar, justamente por não haver nada de sustentável na extração de areia, na fabricação de cimento, ou até mesmo no concreto em si, porém, Hackradt (2011) ressalta que pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP) provaram que existem maneiras de o concreto que se usa na construção de casas, pontes e prédios ser ecologicamente correto.

De acordo com a Oliveira (2008), vários resíduos agrícolas, como cinzas do bagaço de cana, da casca de arroz e os resíduos da indústria cerâmica são candidatos para entrar na preparação do concreto e diminuir a presença de materiais convencionais na elaboração desse produto e ainda segundo Lins (2006) A Universidade Federal Fluminense (UFF) vem desenvolvendo pesquisas sobre a utilização de resíduos desde 1988.

O Brasil é o maior produtor de café do mundo e Minas Gerais é o mais importante produtor nacional de café, responsável por uma produção que varia entre 45 e 50% da safra brasileira e aumentando ainda mais sua participação, com um crescimento de 3,4% a.a. (LINS, 2006). Atualmente, com a maior cotação no mercado internacional do café de melhor qualidade, a despolpa tem sido empregada para produzir café de alto padrão. Esse processo gera a polpa, que tem tornado um problema para o cafeicultor, uma vez que pode ser poluente ao meio ambiente. Alternativas de utilização para este material é responsabilidade das instituições de pesquisa agropecuária (BARCELLOS *et al.*, 2001).

OBJETIVOS

Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o comportamento, e a variação da resistência à compressão em compósitos do tipo concreto verde com a substituição de parte da areia por cinzas de casca de café, submetendo-os a ensaios de compressão, buscando de forma concisa um projeto de desenvolvimento sustentável, eficiente e barato voltado para a indústria cimenteira, utilizando-se o resíduo da agricultura cafeeira, visto que o Brasil é o maior produtor de café do mundo.

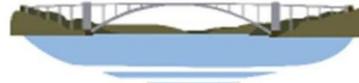
METODOLOGIA

O trabalho aborda de forma quantitativa métodos experimentais em laboratórios para de coleta de dados, com o objetivo de investigar, comprovar ou rejeitar hipóteses sugeridas pelos modelos teóricos, esse tipo de pesquisa se baseia no conceito explicativo-aplicado (RODRIGUES, 2007).

A metodologia para execução do projeto será dividida em cinco etapas descritas a seguir:

OBTENÇÃO E PREPARAÇÃO DA CASCA DE CAFÉ

Resíduo oriundo da queima da casca do café, sem controle de temperatura, quando utilizado na secagem dos grãos do café na própria fazenda. A amostra foi destorroada e peneirada seguindo um dos exemplos do que foi feito com a casca de café na dissertação realizada por Lins (2006). Se tratando de substâncias inertes, a casca de café foi separada de qualquer matéria orgânica na forma de casca seca. Estas cascas foram trituradas e aquecidas até virarem cinzas. As cascas



de café foram coletadas na empresa do Grupo Gardingo que processa e vende o referido produto. As cinzas foram retiradas de seu local para secagem, indicado na Figura 1.



Figura 1: Depósito das cinzas para secagem

Fonte: Autores (2018)

A Figura 2 mostra as cinzas já peneiradas e sendo pesadas de acordo com as proporções estabelecidas.



Figura 2: Cinzas da casca de café

Fonte: Autores (2018)

OBTENÇÃO E PREPARAÇÃO DA MISTURA

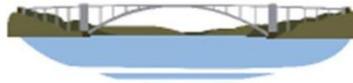
De acordo com Souza (2013), a adição de resíduos inertes em compósitos oferecem melhor trabalhabilidade quando não ultrapassados valores de 25% em peso da fração da mistura. Será adicionada em substituição ao cimento até 25% em peso. Para a análise estatística, se fará necessário um planejamento fatorial de experimentos do tipo 2^k , sendo k o número de fatores, com dois níveis para cada fator. O *software* utilizado para a análise dos foi o Minitab[®] sendo feita a análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a execução dos experimentos, as matérias-primas foram separadas e pesadas em quantidades desejadas de cada experimento e então misturadas e hidratadas para a obtenção do traço. Após ser feita a mistura das matérias-primas, então, com elas serão alimentados os moldes.

As devidas proporções são especificadas na tabela 1 a seguir juntamente com a ordem de rodagem dos testes. Na composição 1, foi utilizado o traço 1: 1,64 : 2,5 : 0,58, (em peso) mantendo constantes nas outras composições as quantidades de cimento (CP V ARI), brita e água.

Tabela 1- Proporções e ordem dos testes

Composição	Areia	Cinzas
1	100%	0%
2	50%	50%
3	30%	70%
4	70%	30%



Fonte: Autores (2018)

PRODUÇÃO DO COMPÓSITO

Segundo a NBR 5738 (2015) corpos de prova cilíndricos devem ter altura igual ao dobro do diâmetro. O diâmetro deve ser de 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm ou 45 cm.

O molde escolhido para se fazer os corpos de prova é de 10 cm de diâmetro, logo, a altura de 20 cm.

As medidas diametrais têm tolerância de 1% e a altura, 2%. Os planos das bordas circulares extremas do molde devem ser perpendiculares ao eixo longitudinal do molde devem ter espessura suficiente para assegurar que as laterais e a base do molde devem ser de aço ou outro material não absorvente, que não reaja com o cimento Portland, e suficientemente resistentes para manter sua forma durante a operação de moldagem. O molde deve ser aberto em seu extremo superior e permitir fácil desmolde, sem danificar os corpos-de-prova. A base, colocada no extremo inferior do molde, deve ser rígida e plana, com tolerância de planificação de 0,05 mm para que haja o controle geométrico. A composição básica do concreto verde será de aproximadamente 20% em peso de cimento, até 20% em peso de substrato da casca de café, até 20% de areia, 40% de pedra e 10% de água. Com a análise de variância dos experimentos será possível observar as possíveis interações entre os diversos fatores com o menor número possível de experimentos.

Sendo um total de 04 (quatro) composições, foram feitas 05 (cinco) repetições de cada totalizando uma amostra de 20 corpos de prova (Figura 3).



Figura 3: Corpos de prova com suas réplicas e suas diferentes composições.

Fonte: Autores (2018)

CARACTERIZAÇÕES FÍSICAS DETALHADAS DO COMPÓSITO E OBTENÇÃO DOS PERFIS EM CORPOS DE PROVAS CILÍNDRICOS

Nessa etapa serão observados: o comportamento desses compósitos à compressão aos 28 dias; problemas na obtenção das amostras e defeitos nas amostras obtidas.

A execução dos ensaios de compressão nas amostras de concreto com adição de palha de café será feita a partir dos critérios exigidos pela NBR 5739 (2018) que trata sobre ensaios de compressão em corpos de prova cilíndricos de concreto.

RESULTADOS

Após o tempo previsto de cura de 28 dias de todas as composições e suas réplicas conforme especificado pela norma NBR 5738 (2015), foram transportadas até a Concreteira Polimix em Vila Nova - MG onde foram submetidas a ensaios de compressão como são mostrados nas Figuras 4 e 5, sendo realizados de acordo com norma NBR 5739 (2018).

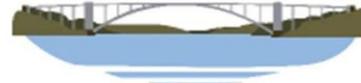


Figura 4: Teste de compressão
Fonte: Autores (2018)



Figura 5: Disposição das composições de forma aleatória
Fonte: Autores (2018)

O teste de compressão foi realizado para as 4 composições diferentes juntamente com suas réplicas e seus resultados estão representados na Tabela 2. A tabela mostra que as medidas para as composições 2, 3 e 4 foram próximas.

Tabela 2- Resultados dos testes de compressão

Composição	Areia	Cinzas	Compressão aos 28 dias (MPa)				
CPI	100%	0%	30	28,5	32,2	36,8	32,5
CPII	50%	50%	14	17,2	18,1	18,3	18,8
CPIII	30%	70%	15,3	15,3	16	14,8	16
CPIV	70%	30%	20,1	18,6	18,5	19	18,6

Fonte: Autores (2018)

Para melhor entendimento do fenômeno, foi utilizado como ferramenta o software Minitab® para a geração de uma análise estatística do tipo 2^K para a determinação da influência da cinza na composição, ou seja, compreender se é estatisticamente significativa a adição de cinzas em substituição à areia.

Tabela 3 – Anova: Resultados no Teste de compressão, análise de variância

Fonte	Graus de Liberdade	Somatório de quadrados	Quadrado Médio	F	P
Fatores	3	847,25	282,42	78,99	0,000
Erro	19	57,21	3,58		
Total	9	904,46			

S = 1,891 R-cuad. = 93,67% R-cuad.(ajustado) = 92,49%

Fonte: Minitab® - Autores (2018)

A análise de variância (ANOVA) presente na Tabela 3 atesta que há pelo menos uma composição difere das demais. A Figura 6 de probabilidade mostra a distribuição normal dos resultados em relação à reta significando a baixa dispersão dos resultados em relação à realidade.

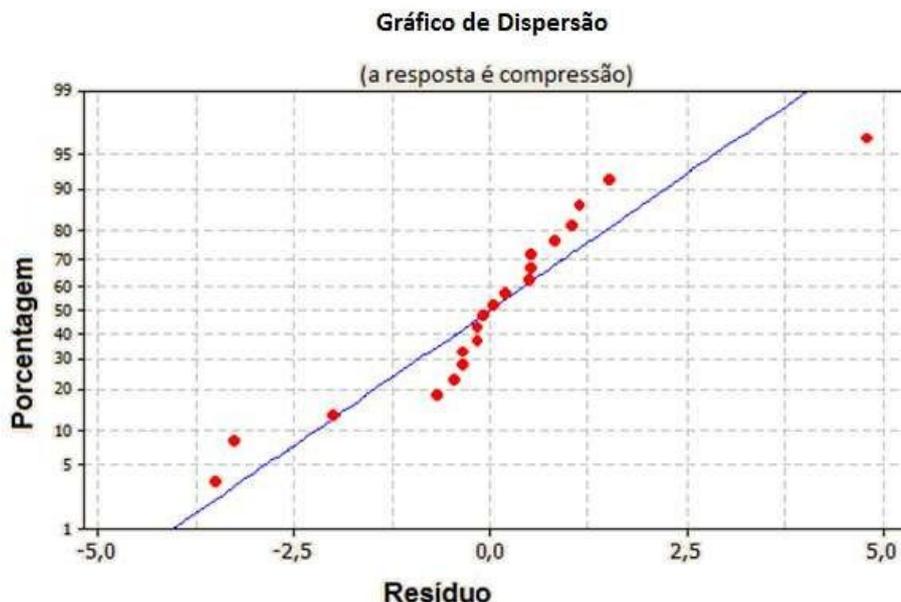
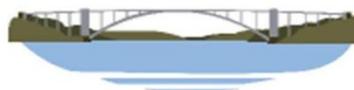


Figura 6: Gráfico de Probabilidade Normal
Fonte: Minitab® - Autores (2018)

O resultado do teste de Tukey presente na Figura 7 demonstra que a adição de cinzas diminuiu a resistência do concreto, mas nas diversas composições estudadas não há diferença estatística entre elas, ou seja, a resistência do concreto com adição de 30% e 70% de cinzas é a mesma.

ICs de 95% para médias individuais

Nível	N	Média	Desv. Pad.	Baseado em Desv. Pad. agrupado
0%	5	32,000	3,146	(---*)
30%	5	18,960	0,666	(---*)
50%	5	17,280	1,923	(---*)
70%	5	15,480	0,517	(---*)

18,0 24,0 30,0 36,0

Figura 7: Resultado do teste de Tukey
Fonte: Minitab® - Autores (2018)

Amostras sem cinzas tiveram média de 32 MPa, enquanto amostras com cinzas possuem resistências médias a compressão que vão de 15,48 MPa à 18,96 MPa demonstrando perdas que variam entre 40,75% a 51,63% em relação a resistência à compressão dos compósitos sem adição de cinzas (Figura 7).



Gráfico de resistências à compressão

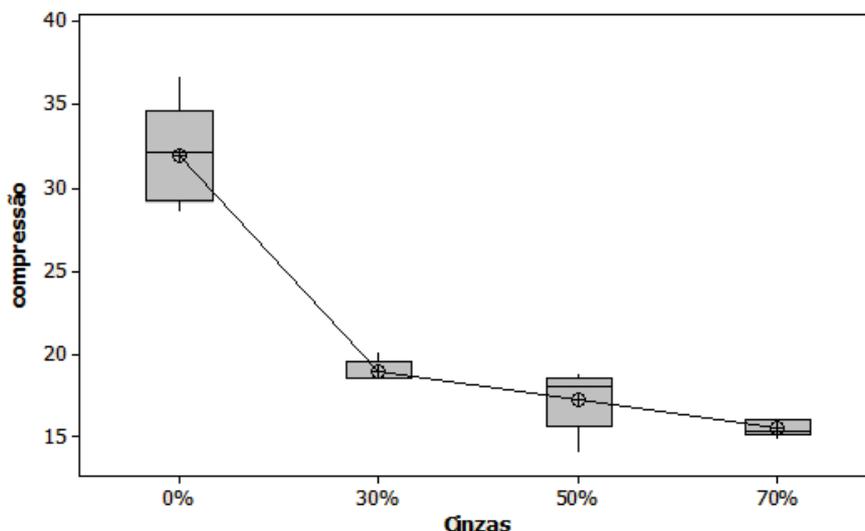


Figura 8: Resultados de testes à compressão em função das cinzas (MPa).

Fonte: Minitab® - Autores (2018)

De acordo com o que é exposto pela NBR 6118 (2014), concretos com função estrutural (concreto armado) precisam alcançar resistências à compressão superiores a 20 MPa dependendo de sua finalidade. Com isso podemos concluir que as amostras com adição de cinzas não são viáveis para este tipo de utilização. Ao adicionar 30% de cinzas da casca do café em peso, em substituição ao agregado miúdo, obteve-se uma queda na resistência à compressão aos 28 dias de 40,75%, passando de 32 MPa para 18,9 MPa, valor este inferior ao estipulado pela norma de 20 MPa.

Bortoletto *et al.* (2017) ao realizarem os testes em compressão aos 7 dias em argamassas de cimento utilizando cinza da madeira de eucalipto observaram acréscimo considerável na resistência quando a substituição da areia não ultrapassou os 30%. Silva (2017) utilizou o traço 1:1,71:2,37:0,52 (próximo ao que foi utilizado nesta pesquisa) como concreto de referência. Sua dissertação embasou-se em fabricar compósitos com adição de cinzas das indústrias de cerâmica vermelha em substituição ao agregado miúdo. Seus resultados demonstram que ao substituir 10% da areia por cinzas, não houve decréscimo estatisticamente significativo na compressão. Ainda foram feitas substituições de 20, 30 e 40% onde se pôde notar que no tempo de cura de 7 dias a proporção de substituição de 20% de cinza obteve o maior valor, sendo 9,14% superior a resistência do concreto de referência. Aos 28 dias o concreto com a proporção de 40% de substituição alcançou o maior valor entre todas as resistências com substituição de cinza. A média da resistência com essa porcentagem de substituição só teve diminuição de 2,43% com relação ao valor do concreto de referência.

Vale ressaltar que nos compósitos estudados por Silva (2017) cujas substituições são de 20, 30 e 40% foram acrescentados uma fração de 2% em aditivo superplastificante retardador com alto poder de redução de água para concreto o que pode ter sido o motivo para a otimização dos resultados com relação ao compósito com 10% de substituição (nos casos de 20% aos 7 dias e no de 40% aos 28 dias).

Alves e Couto Junior (2017) ao realizarem teste de compressão aos 28 dias em compósitos com adição de CBC (cinzas do bagaço da cana) com 1% de substituição com relação ao cimento obtiveram resistência à compressão próxima ao do concreto sem adição (não houve queda significativa). Ao substituir 10% de cimento por cinzas obtiveram a maior resistência dos experimentos adotados, chegando a ser 5% maior que a do concreto padrão. Notaram, porém, que, a média de resistências das mostras contendo 20% de substituição, tiveram uma queda de 40% na resistência com relação ao concreto padrão.

A provável razão do comportamento desses compósitos que muitas vezes não atingem resistências maiores do que aquela alcançada pelo concreto padrão, segundo Cordeiro (2006) está associada à baixa atividade pozolânica dos materiais.

CONCLUSÕES

Foi comprovado que a adição de cinzas no concreto em substituição a areia influencia diretamente na resistência à compressão.

Com base em resultados recentes de diversos autores como Silva (2017), Bortoletto *et al.* (2017) entre outros, podemos concluir que outros estudos precisam ser abordados e discutidos sobre a adição de cinzas da casca do café em materiais cimentícios. Esses estudos estariam relacionados à substituição de parcelas menores, ora da areia, ora do cimento como realizado por Alves e Couto Junior (2017) e ora de ambos para que se verifique a significância estatística das composições.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, Susane Andressa Masi; COUTO JUNIOR, Osorio Moreira. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE CONCRETOS APÓS A INCORPORAÇÃO DE CINZAS DO BAGAÇO DE CANA-DEAÇUCAR E CARVÃO ATIVADO DE OSSO BOVINO. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, [s.i], v. 9, n. 3, p.212-233, dez. 2017.
2. BAREA, M. A. S. **Análise da viabilidade técnica e econômica da utilização do agregado miúdo de britagem de rocha basáltica em argamassa de revestimento**. 2013. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013. <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/863>> Acessado em 13.mai. 2018.
3. BOHANA, Mirela Carvalho Ribeiro; SILVA, Fernanda Flores Borges; GUIMARÃES, Jovina Costa; MARCHI, Cristina Maria Dacach Fernandez. Redução dos resíduos da construção civil: uma tendência para as novas construções. In: **IV Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 5., 2016, Cruz das Almas, Bahia. Anais... Cruz das Almas: Cobesa, 2016. p. 1-8.
4. BORTOLETTO, Marcelo et al. Avaliação do resíduo Cinza da Madeira de Eucalipto como substituição parcial da areia em argamassas de cimento. *Revista Científica "anap Brasil"*, [s.i], v. 10, n. 18, p. 80-93, mar.2017.
5. BUEST NETO, G. T. **Estudo da Substituição de Agregados Miúdos Naturais por Agregados Miúdos Britados em Concretos de Cimento Portland**. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
6. CORDEIRO, G. C. **Utilização de cinzas ultrafinas do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz como aditivos minerais em concreto**. 2006. 445f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
7. CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na Construção Civil**. Dissertação (Monografia). Escola de Engenharia UFMG - Curso de Especialização em Construção Civil. 2009.
8. LINS, L. N. **Estudo da aplicação da casca de café na indústria da construção**. Niterói, 2006. 19-21 p. Dissertação/Pós-graduação. Construção civil, Tecnologia – Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense – UFF.
9. MENDES, Marcos Vinicius Agapito; SILVA, André Carlos; BARBOSA, Diego Henrique Braga Maya. Substituição do agregado miúdo por magnetita na composição do concreto. *Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer*, Goiânia, v. 10, n. 19, p.513-523, nov. 2014.
10. MOREIRA, C. F. **Caracterização de Sistemas de Café Orgânico Sombreado e a Pleno Sol no Sul de Minas Gerais, Piracicaba**. 2003. Dissertação/Mestrado em Ecologia e Agroecossistemas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP, Piracicaba.
11. MOTTA, S. R. F. **Notas de aula de Sustentabilidade das Construções**, UFMG, 2º semestre de 2008.
12. RIOS, M. B. C. **Estudo de aspectos e impactos ambientais nas obras de construção do bairro Ilha Pura - vila dos atletas 2016**. 2014. 102 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://monografias.poli.uff.br/monografias/monopoli10012268.pdf>>. Acesso em: 10. Mai. 2018.
13. SANTOS, A. dos. Extração mineral de areias e seus impactos na territorialidade socioambiental: O caso de feira de Santana-ba. In: **seminário internacional dinâmica territorial e desenvolvimento socioambiental "terra em transe"**, 7., 2015, Salvador. Anais... . Salvador: Ucsal, 2015. v. 3, p. 1 - 20.
14. SERNA, H. A. Agregados para Construção Civil. In: **Sumário Mineral 2010**. Brasília: DNPM: 2010.
15. SILVA, Celiane Mendes da; LIMA, Sandovânio Ferreira de. UTILIZAÇÃO DO AGREGADO PROVENIENTE DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO MIÚDO NATURAL NO CONCRETO. *Cadernos de Graduação: Ciências Exatas e Tecnológicas*, Alagoas, v. 5, n. 1, p.103-116, nov. 2018.