



9927 - RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS INCORPORADOS A MATRIZES CIMENTÍCIAS

Marielza Corrêa dos Reis⁽¹⁾

Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos.

Mariele Corrêa dos Reis⁽²⁾

Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos.

João Vicente Zampieron⁽³⁾

Prof. Dr. Programa de Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Minas Gerais – Unidade Passos.

Sheyla Mara Baptista Serra⁽⁴⁾

Profª. Drª. Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos.

Endereço⁽¹⁾: Rua Otávio Pires, nº16, Centro, Bom Jesus da Penha-MG - CEP: 37948-000 - Brasil - Tel: +55 (35) 9 9874-5467 - e-mail: marielzabjp@hotmail.com .

RESUMO

O Brasil é o maior produtor de carvão vegetal. A carbonização de lenha para produção de carvão vegetal gera milhares de toneladas de resíduos, descartados sem um mínimo controle, com risco de contaminação de solo e dos lenções freáticos, e parte dispersa na atmosfera, poluindo o ar. Aliado ao fato de a construção civil posicionar-se, nesse cenário, como um dos setores mais poluidores, os processos industriais, tais como a fabricação de cimento, da cal e de produtos siderúrgicos que agravam os problemas ambientais, se faz necessária o uso de produtos alternativos ao setor. Fazendo vista a esse pressuposto, este estudo tem como objetivo principal realizar um panorama das pesquisas já desenvolvidas com resíduos agroindustriais no setor da construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos agroindustriais, matrizes cimentícias, sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

A proposta desse estudo abrange dois temas muito importantes: as aplicações de resíduos gerados em larga escala no Brasil; e a influência desse insumo nas propriedades relacionadas à durabilidade de matrizes cimentícias.

A crescente demanda por materiais sustentáveis na construção civil leva a necessidade da geração de dados técnicos e científicos para garantir a qualidade e confiabilidade desses materiais. Além disso, a utilização de resíduos produzidos em larga escala poderá mitigar os impactos ambientais negativos resultantes da disposição no ambiente e agregar valor a um novo insumo.

O Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal, contribuindo com cerca de 30% de todo o carvão produzido. A produção de carvão vegetal é realizada em carvoarias, onde são executadas as atividades produtivas desde o recebimento até o despacho do carvão. Todavia, no Brasil, parte de sua produção é arcaica, apresentando problemas ambientais e sociais, por envolverem atividades insalubres e de baixo nível de capacitação técnica (SILVA et al., 2014).

No aspecto ambiental, é necessário que haja a preocupação com a preservação do meio ambiente e, no aspecto social, que as condições de trabalho inadequadas sejam eliminadas do processo, contribuindo para a melhoria do desempenho socioambiental do empreendimento. Nesse sentido, destacam os impactos ambientais do processo de carbonização da madeira enfiada para o aquecimento global, devido as emissões de gases geradores do efeito-estufa – dióxido de carbono e metano, entre outros. Sobre os aspectos sociais, os empregos



na carvoaria se enquadram como de péssima qualidade, pois as condições de trabalho, como moradia e estabilidade de emprego, não apresentam níveis satisfatórios (SILVA et al., 2014).

De acordo com alguns autores, tais rejeitos podem conter inclusive metais, que podem causar poluição do ar e ser responsáveis por graves problemas ambientais. No âmbito ambiental, a incorporação ou estabilização de um resíduo, com alta finura e baixa densidade, em um material de construção, contribuiria ecologicamente com o crescimento sustentável da indústria geradora e economicamente com a redução de custos com matéria-prima na confecção do concreto, minimizando as agressões ambientais proveniente de seu descarte inadequado.

1.1 OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o panorama da utilização de resíduos agroindustriais no setor da construção civil no Brasil com foco nos resíduos originários do beneficiamento do carvão vegetal. Diante do exposto, os objetivos específicos do estudo podem ser descritos a seguir:

- Avaliar as formas de aplicação no mercado;
- Fazer um levantamento de informações acerca das pesquisas onde a biomassa já é utilizada;
- Avaliar o potencial energético dos resíduos do carvão, bem como valores estimados para aplicação.

2. METODOLOGIA

Por definição metodologia inclui procedimentos como os da formação de conceitos e de hipóteses, os de observação e de medida, da realização de experimentos, construção de modelos e de teorias, da elaboração de explicações e da predição. A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho foi baseada em estudo de caso e na revisão da literatura, sendo esta indispensável para obter uma ideia precisa sobre o estado atual dos conhecimentos sobre o tema, bem como suas lacunas e a contribuição da investigação para o desenvolvimento do conhecimento (LAKATOS e MARCONI, 2010).

A pesquisa é uma atividade voltada para a solução de problemas. Assim, ela parte de uma dúvida ou de um problema, buscando uma resposta ou solução, com o uso do método científico. A pesquisa também é uma forma de obtenção de conhecimentos e descobertas acerca de um determinado assunto ou fato, seja ele acadêmico, social ou profissional.

O presente trabalho, devido às suas peculiaridades, pode ser classificado como exploratória. Uma pesquisa exploratória tem como objetivo familiarizar-se com um assunto ainda pouco conhecido, pouco explorado. Este tipo de pesquisa propicia maior familiaridade com o problema, objetivando torna-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Pesquisas exploratórias podem ser classificadas como: pesquisa bibliográfica e estudo caso (GIL, 2008).

A coleta de dados desta pesquisa foi efetuada por meio de revisão integrativa, onde são referenciados livros e revistas técnicas, recursos da internet como acesso a teses, dissertações, artigos e publicações técnico-científicas e em bibliotecas digitais, nacionais e estrangeiras.

As informações acerca da utilização do carvão vegetal para geração de matrizes cimentícias são esparsas. Mesmo que a tecnologia já esteja consolidada, há grande dificuldade de se encontrar estudos com informações sistematizadas sobre o tema que sejam direcionados a esse tipo de utilidade.

Durante a elaboração deste estudo, esperou-se condensar e avaliar dados relevantes encontrados. Concentrou-se em pesquisas bibliográficas relacionadas à avaliação do aproveitamento de resíduos de silvicultura para produção de matrizes cimentícias. Foram abordadas as tecnologias existentes para emprego da biomassa, sua composição e a situação dos resíduos no Brasil. Foram analisadas quais as concepções tecnológicas de processo adotadas por empresas que já utilizam resíduos como parte integrante dos produtos cimentícios.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 APLICAÇÕES DO CARVÃO VEGETAL

O carvão vegetal, cujo nome botânico é “Carbo activatus”, é obtido através da queima ou carbonização da madeira. Comumente utilizado como combustível para aquecedores, lareiras e churrasqueiras, tem forte atuação na produção de ligas metálicas como termorredutor, especialmente na produção de ferro-gusa e aço.

A queima do carvão vegetal fornece calor para aquecer o sistema, permitindo a desoxidação do ferro através das reações entre os óxidos ferrosos contidos no minério e o carbono fornecido pelo carvão vegetal (UHLIG; GOLDEMBERG; COELHO, 2008).

As propriedades do carvão vegetal são diversas, propiciando uma gama de aplicações em diversos setores. No setor industrial, além das siderúrgicas, podemos citar o uso do carvão vegetal em substituição aos combustíveis fósseis na combustão de fornos e caldeiras de cimento, cal e gesso (PAULA; SILVA; BERNARDO, 2010).

Derivado do carvão vegetal, o carvão ativado com alta porosidade e superfície específica, em combinação com areia é empregado na despoluição de gases tóxicos e purificação de água por adsorção de toxinas (SASAKI, LIMA, QUINÁIA, 2014; PATERNIANI et al., 2011). O material ainda é usado para fins medicinais e farmacêuticos. SCHVARTSMAN (1999); LOPES, MATHEUS (2012) relatam o uso do carvão ativado como um dos melhores processos de descontaminação digestiva, via oral. Em eventos hemorrágicos, para controle de sangramento, sugere-se o uso de fatores específicos de coagulação, sendo um deles o carvão ativado (FLATO et al., 2011). Na Figura 1 é apresentado um barracão de armazenamento de rejeitos de carvão vegetal.



Figura 1: Barracão onde são armazenados os produtos e os rejeitos de carvão vegetal.

Na literatura ainda é possível encontrar aplicações do carvão vegetal como auxiliador na compostagem para enriquecer o composto em teor de ácidos húmicos, secagem de grão e folhas, fertilizantes e substratos agrícolas para fixação de umidade e nutrientes, cura de tabaco e defumação de peixes e carnes, componentes e produtos elétricos no setor eletroeletrônico, catalizador em processos químicos, dentre outras.

3.2 CARVÃO VEGETAL E SUSTENTABILIDADE

A questão, sustentabilidade, é uma das mais discutidas em conferências sobre o meio ambiente. Eventos como a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20), ocorrida em 2012 no Rio de Janeiro, demonstram a importância do assunto e a recente preocupação das nações com o tema, em especial, com o efeito das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (NORGATE; LANGBERG, 2009).

A cadeia produtiva da construção tem um peso grande em termos de emissões de carbono. Em consonância com esta tendência, foi lançado na CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), o Guia Metodológico para Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Construção Civil – Setor Edificações. Aliado a este guia, podemos citar as certificações LEED e o ACQUA, selo que permite classificar a construção



como um empreendimento sustentável. O foco principal está na redução do consumo de recursos naturais e consequentemente, redução dos impactos ambientais (GREEN DOMUS, 2017).

Visando a redução de emissões de gases poluentes, os países que ratificaram ao Protocolo de Kyoto assumiram medidas de mitigação das emissões de CH₄, resultante da produção de carvão vegetal por meio de implementação de projetos de compensação, pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Tais melhorias tem valorizado as emissões produzidas durante o processo de pirólise da biomassa, no sentido de seu aproveitamento para geração de energia adicional ao processo, melhorando a eficiência econômica e ambiental da produção de carvão vegetal (DUBOC et al., 2007).

Neste cenário, a produção de carvão vegetal pode contribuir com o desenvolvimento sustentável quando produzido a partir de biomassa plantada (sinvicultura) ou de áreas nativas com reposição florestal (áreas de manejo) (LAIRD, 2008; NORGATE, LANGBERG, 2009; WATTS, PORTER, 1997). A rota do carvão vegetal emite menos gases de efeito estufa. O ciclo de carbono da produção até a aplicação do material varia de 5 a 10 anos, comparáveis ao carvão fóssil, conforme Figura 2. Aliado a isso, há possibilidade de exaustão de fontes não renováveis e aumento das pressões de governo e da sociedade pelo maior aproveitamento do carvão vegetal como fonte energética (LAIRD, 2008).

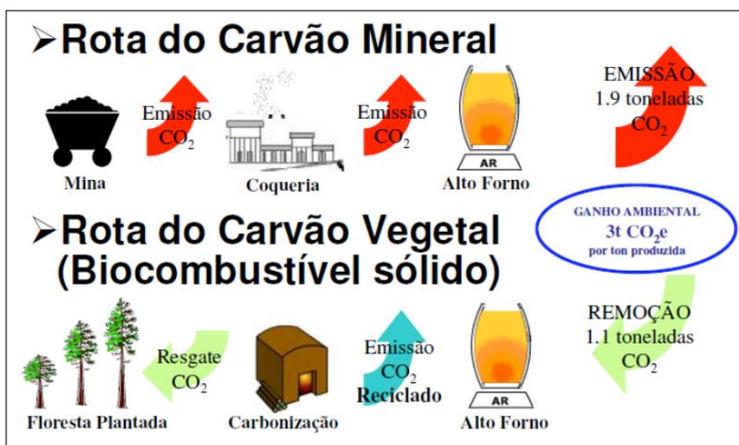


Figura 2: Comparativo das rotas do carvão, MARQUES, 2008, apud MELLO et al., 2008.

Tal fato coloca a siderurgia brasileira, responsáveis por 70% das emissões de GEE gerados na produção de metais primários, em posição privilegiada no que se refere às emissões atmosféricas (LAIRD, 2008; MELLO et al., 2008).

3.3 MATRIZES CIMENTÍCIAS À BASE DE BIOMASSAS

Há uma grande preocupação da indústria de forma geral quanto aos descartes de rejeitos/resíduos gerados devido as atividades produtivas em busca de bens e consumo. Um desses segmentos trata-se de rejeitos do carvão de origem vegetal e mineral. Pesquisas têm sido realizadas para a sua incorporação juntamente com insumos naturais como areia, brita, dentre outros em artefatos pré-fabricados de cimento Portland. Na busca de propriedades estruturais otimizadas, tais materiais têm sido utilizados em composições variadas. Onde pode-se observar vantagens no seu uso como menor custo de produção, resistência mecânica satisfatória, menor densidade, aspectos estes que contribuem de forma positiva para obtenção de tais artefatos (SILVEIRA, ROCHA, CHERIAF, 2004).

O emprego de cinzas de carvão vegetal apresenta características químicas, físicas e mineralógicas compatíveis as das matérias-primas utilizadas nas indústrias cerâmicas, indicando alto potencial de substituição parcial ou integral destas (KNISS, et. al., 2011).

Subprodutos de origem vegetal como resíduos e cinzas vem sendo estudadas para utilização como combustíveis, fertilizantes e estabilizante de solos. Neste quesito, a indústria da construção civil apresenta um alto potencial para incorporação de resíduos originadas pelo setor agroindustrial na forma de adições minerais em matrizes cimentícias, como é o caso das cinzas da casca da castanha de caju. As caracterizações desta



mostrou alto potencial reativo das cinzas no tocante ao seu aproveitamento como substituto parcial do cimento Portland em matrizes cimentícias embora tenham evidenciado vários tipos de metais pesados, o que interfere na resistência final do produto (LIMA; ROSSIGNOLO, 2010).

Palhas de arroz não tratada e cinzas originadas de combustível pulverizado tem sido investigado em misturas para fabricação de concreto auto adensável cujas combinações ternárias exibiram melhora significativa quanto as propriedades físicas. Tal investigação pode mostrar que as propriedades do concreto evidenciaram adequada resistência à compressão logo nos estágios iniciais (SUA-IAM; MAKUL, 2013).

As cinzas de palhas de arroz de baixo carbono têm sido utilizadas em argamassas de cimento Portland para avaliar a resistência à sulfatos de sódio e magnésio. Pode ser observado que quanto mais alto a relação entre água e material cimentício utilizado na produção de argamassas, maior a perda de resistência à compressão devido à expansão observada nas amostras (VENKATANARAYANAN; RANGARAJU, 2014).

De acordo com alguns pesquisadores, resíduos provenientes de atividades ligadas a agricultura podem ser utilizados como matéria prima com aspectos econômicos positivos com ganhos no controle da poluição ambiental. Resíduos do bagaço de cana podem ser misturados parcialmente em composição de concretos em porcentagens variando de 0% a 20%, mostrando uma substancial mudança na resistência são vantajosas quando comparado com o concreto de referência (REDDY, et. al., 2015).

Ainda de acordo com DHENGARE et al. (2015), mostram o bagaço de cana como um material pozolânico para a produção de concreto de alta resistência, onde adições desse material indicaram um aumento na resistência do concreto até 15% quando incorporado a mistura cimentícia e dispensa o uso de aditivo plastificante, aumentando a trabalhabilidade do concreto no estado fresco. Enfim, a utilização dos resíduos de bagaço no concreto soluciona o problema de seu descarte, contribuindo com um meio ambiente livre de poluição.

Outro componente, o carvão mineral, possui alto potencial de utilização nas usinas termelétrica para o beneficiamento de energia elétrica, no entanto, seu emprego ocasiona grandes volumes de cinzas, sendo estas subdivididas em cinza leve e cinza pesada. Apesar de parte considerável da cinza leve ser reaproveitada na produção de cimento Portland composto, a concentração de cinza pesada representa elevados custos de manipulação e destinação às usinas devido à restrição à qual é destinada, ocasionando grande volume de dejetos. Fazendo vista ao reaproveitamento desse material, estudos têm sido realizados para emprego em concretos autoadensáveis (REPETTE, 2011).

O Brasil ocupa o primeiro lugar na produção mundial de carvão mineral. Empregado nas indústrias, nas residências e no setor comercial, possui o título de maior produtor de ferro-gusa em altos fornos a carvão vegetal. Sabendo-se da atual importância do carvão vegetal na economia e que é um recurso energético renovável, pesquisa são realizadas a fim de aflorar e aprimorar suas propriedades e aplicações. Comparado ao carvão mineral, o carvão vegetal apresenta maior grau de pureza, um baixo teor de enxofre e cinzas, sendo a propriedade, teor de carbono uma das características mais importantes no procedimento de qualificação (FROEHLICH; MOURA.2014).

A produção de carvão mineral gera grandes quantidades de resíduos sólidos. Com o intuito de diminuir os rejeitos de carvão, vários pesquisadores visam seu emprego em substituição ao agregado miúdo na produção de blocos de pavimentação de concreto, colaborando com uma produção mais limpa e redução de exploração de jazidas de areia (SANTOS; TUBINO; SCHNEIDER, 2015).

Diante dos diversos impactos ambientais e da escassez de recursos naturais, se faz necessário a utilização de materiais alternativos em substituição destes, principalmente naquele considerado um dos maiores causadores, o setor da construção civil. Nesse sentido, vários produtos têm sido propostos para viabilizar a reutilização de materiais que seriam descartados, tais como a produção de concreto leve contendo carvão vegetal, argila expandida e EPS em substituição ao agregado graúdo (BELINE et al., 2015).

No que tange as adições minerais, destacam-se o estudo realizado por PILAR et al. (2016) ao incorporar cinza pesada moída, obtida da combustão de carvão mineral, em pastas de cimento. A adição gera um aumento do grau de hidratação para as pastas, independente da finura e do teor incorporado, não ultrapassando 50% do volume de cimento Portland, exercendo atividade química e física.



Os elevados volumes de cinzas geradas pela queima do carvão mineral têm estimulado o desenvolvimento de estudos que visam propor uma destinação adequada a este resíduo. Sob esta perspectiva, ELIAS; SOARES; SOUZA (2017) estudaram seu emprego como material impermeabilizante em obras ambientais, como camada de fundo de depósitos de resíduos (liners).

O Brasil é o maior produtor e o maior consumidor de carvão vegetal. As indústrias siderúrgicas consomem cerca de 70% da produção nacional, e as aplicações residenciais e comerciais 0,14%. Embora haja padrões de qualidades estabelecidos pela Resolução nº 40 da Secretaria de Abastecimento e Agricultura pouco são as empresas que cumprem as exigências mínimas para o produto, acarretando o volume de material que é descartado (GARCIA; RODRIGUES; DAL BEM; FERREIRA, 2017).

Na Figura 3 é possível observar o produto do reaproveitamento dos rejeitos gerados no beneficiamento do carvão vegetal, o briquete.



Figura 3: Briquetes.

4. CONSIDERAÇÕES

Pesquisas que envolvem levantamento de dados tem valor significativo para gerar informações, conhecimento, incentivar ações que venham a colaborar no desenvolvimento da área em estudo. Cabe a Universidade em seu objetivo de ensino pesquisa e extensão a busca pelo conhecimento com envolvimento da comunidade acadêmica. A carência de ciência sobre o que certas informações podem futuramente influenciar de forma positiva e até mesmo política, faz com barreiras sejam levantadas no desenvolvimento de estudos, decorrente da deficiência de respostas do lado pesquisado. Logicamente o mercado bastante agressivo, gera a conhecida falta de tempo e limita a possibilidade de certas descobertas por meio da troca de ideias e informações.

Sabe-se que no Brasil existe grande volume de resíduos vegetais que não são reaproveitados, causando problemas de gestão administrativa e ambiental. Com aumento da população e seus bens de consumo, houve acréscimo da demanda de produtos energéticos além da preocupação com o meio ambiente e seu futuro.

Mesmo com as dificuldades, a produção de matrizes cimentícias apresenta-se como uma alternativa inerente ao tema aproveitamento de resíduos, o desejo e a consciência da sociedade em relação à preservação do meio ambiente, favorece o desenvolvimento do setor desde que esteja governamentalmente amparado, as recentes leis criadas parecem visar o atendimento do chamado para aproveitamento de resíduos sólidos vegetais e geração de novas envolvendo produtores rurais, agroindústrias, fábricas e serrarias, o que promoverá não só a preservação ambiental como o desenvolvimento econômico do país.

5. CONCLUSÕES

Como detalhado durante o trabalho, a utilização dos resíduos provenientes do beneficiamento do carvão vegetal possui muitas possibilidades. O trabalho destaca os muitos recursos existentes que podem ser explorados e reúne dados relevantes da utilização dos rejeitos pulverulentos do carvão e do aproveitamento dos mesmos.



O Brasil pode investir na área de resíduos agroindustriais cuja quantidade cresce a cada ano. Pelos resultados da análise de revisões bibliográficas, a cinza pesada pode servir como um material alternativo para fazer composições granulométricas, suprimindo uma eventual falta de material fino na composição do concreto.

O uso da cinza pesada não impede os concretos de atingirem resistências mais elevadas, podendo ser usado como agregado. Pode-se produzir concretos com menor consumo de cimento por metro cúbico de concreto, alcançando as mesmas resistências à compressão.

Em algumas pesquisas é evidente o efeito filler das cinzas pesadas e o potencial de pozolanicidade nas matrizes cimentícias.

Não obstante as aplicações já desenvolvidas no Brasil, novas investigações que buscam áreas emergentes como concretos celulares, agregados leves, blocos sílico – calcários, argamassas pozolânicas, cerâmica, devem ser investigadas com maior cautela.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BELINE, E. L.; ANGELOTTI, A. M.; COELHO, T. M.; SANTOS, B. Substituição de agregados graúdos do concreto por materiais alternativos na fabricação de elementos não estruturais em concreto leve. In: IX ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL (IX EEPA), 2015.
2. DHENGARE, S. W.; RAUT, S. P.; BANDWAL, N. V.; KHANGAN, A. Investigation into utilization of sugarcane bagasse ash as supplementary cementitious material in concrete. *International Journal of Emerging Engineering Research and Technology*, v.3, Issue 4, p. 109-116, 2015. e-ISSN:2349-4409, p-ISSN:2349-4395.
3. DUBOC, E.; COSTA, C. J.; VELOSO, R. F.; OLIVEIRA, L. S.; PALUDO, A. Panorama atual da produção de carvão vegetal no Brasil e no Cerrado. *Planaltina-DF, Embrapa Cerrados*, 37 p.37, 2007. ISSN 1517-5111
4. ELIAS, D. S.; SOARES, A. B.; SOUZA, H. P. Aproveitamento de resíduos sólidos – Estudo experimental de misturas de solo e cinza volante de carvão mineral. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE CARVÃO MINERAL, Criciúma-SC, 2017.
5. FLATO, U. A. P.; BUHATEM, T.; MERLUZZI, T.; BIANCO, A. C. M. Novos anticoagulantes em cuidados intensivos, *Rev Bras Ter Intensiva*, 23(1), p. 68-77, 2011.
6. FROEHLICH, P. L.; MOURA, A. B. D. Carvão vegetal: propriedades físico-químicas e principais aplicações. **Tecnologia e Tendências**, v.9, nº 1, p. 1-19, 2014.
7. GARCIA, D. P.; RODRIGUES, C. R.; DAL BEM, E. A.; FERREIRA, J. P. Qualidade do carvão vegetal visando uso doméstico. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v.11, p. 59-67, 2017.
8. GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
9. GREEN DOMUS. A construção civil e seu impacto no meio ambiente. 2017. Disponível em: <<http://greendomus.com.br/a-construcao-civil-e-seu-impacto-no-meio-ambiente/>>, Acesso em: 19 de Março de 2018.
10. KNISS, C. T.; OLIVEIRA, C. B.; BORGONOVO, L.; AGUIAR, B. M.; PRATES, P. B. Obtenção e caracterização de artefatos de cimento com adição de cinzas pesadas de carvão mineral. *Rev. Ibirapuera, São Paulo*, n.1, p. 20-25, 2011.
11. LAIRD, D. A. The charcoal vision: a win-win-win scenario for simultaneously producing bioenergy, permanently sequestration carbono, while improving soil and water quality. *Agronomy Journal*, v. 100, n, 1, p. 178-181, 2008.
12. LIMA, S. A.; ROSSIGNOLO, J. A. Estudo das características químicas e físicas da cinza da casca da castanha de caju para uso em materiais cimentícios. **Acta Scientiarum Technology**, v.32, n.4, p. 383-389, 2010.
13. LOPES, J.; MATHEUS, M. E. Risco de hepatotoxicidade do Paracetamol (Acetaminofem), *Revista Brasileira de Farmácia*, p. 411-414, 2012.



14. MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos da Metodologia Científica. ATLAS EDITORA. 7ª Edição. 320 p. 2010.
15. MELLO, A. A. A., RAELE, R.; VAZ, S. L.; CAIGAWA, S. M. Competitividade e sustentabilidade ambiental da siderurgia brasileira. In: SEMINÁRIO MITIGAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA: A EXPERIÊNCIA EMPRESARIAL SETORIAL E REGIONAL NO BRASIL, 1., 2008, São Paulo. Experiências Setoriais na redução de gases de efeito estufa. São Paulo: Universidade de São Paulo, p. 31 – 51, 2008.
16. NORGATE, T. E.; LANGBERG, D. E. Aspectos ambientais e econômicos do uso do carvão vegetal na siderurgia. ISIJ International, v. 49, p. 587-595, 2009.
17. PATERNIANI, J. E. S.; DA SILVA, M. J. M.; RIBEIRO, T. A. P.; BARBOSA, M. Pré-filtração em pedregulho e filtração lenta com areia, manta não tecida e carvão ativado para polimento de efluentes domésticos tratados em leitos cultivados, Eng. Agrícola, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 803-812, 2011.
18. PAULA, L. G.; SILVA, R. J.; BERNARDO, A. C. S. M. Análise termoeconômica do processo de produção de cimento portland utilizando uma mistura de combustíveis e o coprocessamento de pneus usados, in: IV CONGRESSO NACIONAL D ENGENHARIA MECÂNICA – CONEM, Campina Grande - Paraíba, 2010.
19. PILAR, R.; SCHANKOSKI, R. A.; MORO, A. J.; REPPETE, W. L. Avaliação de pasta de cimento Portland contendo cinza pesada moída, **Revista Matéria**, v. 21, nº.1, p. 92-104, 2016, ISSN 1517-7076.
20. REDDY, M. V. S.; ASHALATHA, K.; MADHURI, M., SUMALATHA, P. Utilization of sugarcane bagasse ash (SCBA) in concrete by partial replacement of cement. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), v.12, Issue 6 Ver. VI, p. 12-16, 2015. e-ISSN:2278-1684, p-ISSN:2320-334X.
21. REPETTE, W. L.; AIQUEIRA, L. V. M.; ONGUERO, L.; CRUZ, A. G. F.; DALMORO, A. J.; PALOMBO, M. G. Uso de cinza pesada na produção de concreto autoadensável. In: VI CONGRESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM ENERGIA ELÉTRICA (VI CITENEL), Fortaleza/CE, 2011.
22. SANTOS, C. R.; TUBINO, R. M. C.; SCHNEIDER, I. A. H. Mineral processing and characterization of coal waste to be used as fine aggregates for concrete paving blocks. **IBRACON Structures and Materials Journal**, v. 8, nº. 1; p. 15-24, 2015, ISSN 1983-4195.
23. SASAKI, A. C.; LIMA, L. S.; QUINÁIA, S. P. Reaproveitamento de resíduo de moinha de carvão vegetal para adsorção de íons metálicos em meio aquoso, Revista Virtual Química, v. 6, nº 6, 2014. ISSN 1984-6835
24. SCHVARTSMAN, C.; SCHVARTSMAN, S. Intoxicações exógenas agudas, Jornal de Pediatria, v. 75, supl.2, Rio de Janeiro, 1999.
25. SILVA, D. A. L.; CARDOSO, E. A. C.; VARANDA, L. D.; CHRISTOFORO, A. L.; MALINOVSKI, R. A. Análise de viabilidade econômica de três sistemas produtivos de carvão vegetal por diferentes métodos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 38, n. 1, p. 185-193, 2014.
26. SILVEIRA, J. P.; ROCHA, J. C.; CHERIAF, M. Desenvolvimento de blocos de concreto com uso das cinzas de termelétricas. In: I CONFERENCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, São Paulo-SP, 2004.
27. SUA-IAM, G.; MAKUL, N. Use of unprocessed rice husk ash and pulverized fuel ash in the production of self-compacting concrete. *IERI Procedia*, v.5, p.298-303, 2013.
28. UHLIG, A.; GOLDEMBERG, J.; S. T. COELHO. O uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira e o impacto sobre as mudanças climáticas. Revista Brasileira de Energia, v. 14, nº. 2, p. 67-85, 2008.
29. VENKATANARAYANAN, H. K.; RANGARAJU, P. R. Evaluation of sulfate resistance of Portland cement mortars containing low-carbon rice husk ash. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v.26, p. 582-592, 2014.
30. WATTS, R.; PORTER, A. L. Innovation Forecasting. Technological Forecasting and Social Change. N.56, p. 25-47, 1997.