

Resíduos agroindustriais aplicados à compósitos cimentícios**Agro-industrial waste applied to cementitious composites**

DOI:10.34117/bjdv6n11-413

Recebimento dos originais: 19/10/2020

Aceitação para publicação: 19/11/2020

Marielza Corrêa dos ReisProf^a. MSc.

Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Estado de Minas Gerais – Passos-MG,
Av. Juca Stockler, 1130, Bairro Belo Horizonte - Passos/MG - CEP 37900-106, Brasil
E-mail: marielza.reis@uemg.br

Mariele Corrêa dos Reis Maia

MSc

Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, Km 235, CEP 13565-905, São Carlos - SP, Brasil
E-mail: mariele_bjp@hotmail.com

Sheyla Mara Baptista SerraProf^a. Dr^a.

Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, Km 235, CEP 13565-905, São Carlos - SP, Brasil
E-mail: sheylabs@ufscar.br

João Vicente Zampieron

Prof. Dr.

Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Estado de Minas Gerais – Passos-MG,
Av. Juca Stockler, 1130, Bairro Belo Horizonte - Passos/MG - CEP 37900-106, Brasil
E-mail: joao.zampieron@uemg.br

RESUMO

A indústria da construção civil é responsável pelo consumo de grande quantidade de recursos não renováveis e toneladas de emissões de dióxido de carbono derivados de seus processos industriais. Com a finalidade de amenizar a escassez de recursos naturais, a incorporação de resíduos agroindustriais, tais como o carvão vegetal, aos compósitos cimentícios pode apresentar-se como soluções para o aproveitamento de subprodutos de outros setores e a redução dos impactos ambientais. Fazendo vista a esse pressuposto, este estudo tem como objetivo realizar um panorama das pesquisas desenvolvidas com resíduos agroindustriais no setor da construção civil. Foram realizadas revisões bibliográficas mostrando que existem muitos recursos renováveis que podem ser explorados e reúne dados relevantes quanto a utilização de resíduos de carvão vegetal (RCV), os quais aumentam a cada ano no Brasil. Assim, a produção de matrizes cimentícias apresenta-se como uma alternativa inerente ao tema aproveitamento de resíduos, escassez de recursos não renováveis, o desejo e a consciência da sociedade em relação à preservação do meio ambiente e o desenvolvimento do setor da construção civil.

Palavras-chave: Meio ambiente, Resíduos agroindustriais, Matrizes cimentícias, Resíduos de carvão vegetal, Desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

The construction industry is responsible for the consumption of a large amount of non-renewable resources and tons of carbon dioxide emissions derived from its industrial processes. In order to alleviate the scarcity of natural resources, the incorporation of agro-industrial residues, such as charcoal, to cementitious composites can present itself as solutions for the use of by-products from other sectors and the reduction of environmental impacts. In view of this assumption, this study aims to provide an overview of the research carried out with agro-industrial waste in the construction sector. Bibliographic reviews have been carried out showing that there are many renewable resources that can be exploited and brings together relevant data regarding the use of charcoal waste (RCV), which are increasing every year in Brazil. Thus, the production of cementitious matrices presents itself as an alternative inherent to the theme of waste utilization, scarcity of non-renewable resources, the desire and awareness of society in relation to the preservation of the environment and the development of the civil construction sector.

Keywords: Environment, Agro-industrial waste, Cement matrices, Charcoal waste, Sustainable development.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é responsável pelo consumo de grande quantidade de recursos não renováveis e toneladas de emissões de dióxido de carbono derivados de seus processos industriais (PACHECO-TORGAL; JALALI, 2010 E SELLAMI; MERZOUD; AMZIANE, 2013). Segundo Garcia, Souza, Coutinho (2013), a cada ano, mais de 1 m³ de concreto é produzido por pessoa com emissões em torno de 5% a 8% de CO₂. A fim de minimizar a utilização de recursos não renováveis, pesquisas têm sido realizadas com a inserção de resíduos, gerados nos processos agroindustriais, em sistemas construtivos, o que daria uma contribuição a sustentabilidade ambiental (BAN; RAMLI, 2011).

Mota et al. (2017) ressaltam que a partir da realidade econômica e a precaução com a preservação do meio ambiente, vem crescendo o interesse pela procura de materiais alternativos que possam ser utilizados em substituição aos agregados ou ao aglomerante na produção de compósitos cimentícios.

Dentre os diversos resíduos agroindustriais descartados inadequadamente, estão os oriundos da manufatura do carvão vegetal. No Brasil, a produção de carvão vegetal contribui com cerca de 30% do montante, em escala mundial. O processo é realizado em carvoarias, onde são executadas as atividades produtivas desde o recebimento até o despacho do carvão. Todavia, 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).

O estudo aborda as características regionais de resíduos produzidos, bem como os impactos que estes causam na região, a fim de notar futuras pesquisas para possíveis aplicações e soluções na mitigação de problemas ecológicos.

No cenário atual, pode-se citar os episódios sucedidos em Mariana e em Brumadinho com o rompimento da barragem de resíduos decorrentes da exploração industrial que acarretaram impactos ambientais incalculáveis. Após as fatalidades, ampliou-se a preocupação quanto a destinação desses resíduos.

Vários processos industriais geram diferentes tipos de resíduos e em quantidades consideráveis. 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.

Dessa forma, esta revisão tem como pretensão contribuir com a explanação de técnicas atuais apresentadas por outros autores no desenrolar de tais problemas gerados devido às atividades antrópicas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o panorama da utilização de resíduos agroindustriais com foco nos resíduos resultantes do beneficiamento do carvão vegetal e suas possibilidades de aplicação no setor da construção civil.

2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho foi baseada na revisão da literatura para obter informações do atual estado da arte sobre o tema, bem como suas lacunas e a contribuição da investigação para o desenvolvimento do conhecimento.

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. Assim, o presente trabalho, devido às suas peculiaridades, pode ser classificado como exploratório (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, além de base de dados como, Scielo e o Portal da Capes.

Verificou-se que as informações disponíveis acerca da utilização do carvão vegetal para geração de matrizes cimentícias são escassas. Mesmo que a tecnologia de reaproveitamento 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. Observou-se a existência de referências 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, ainda 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

Diante do cenário atual, a busca por recursos renováveis tem-se transformado um dos itens preocupantes em diversos trabalhos, tal fato reflete-se no mundo. Como a construção civil trabalha com uma gama enorme de materiais e em geral, os não renováveis, quaisquer que sejam as substituições ou acréscimos que se deem para minimizar essa situação é uma contribuição significativa, que resulta em reflexos ambientais, tais como, a minimização de descartes incorretos de resíduos.

3.1 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, e 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 (KNIESS et al., 2011).

O Quadro 1 apresenta a síntese das pesquisas e estudos identificados.

Subprodutos de origem vegetal como resíduos e cinzas ainda vêm sendo estudados 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 (Figura 1).

As caracterizações desta pesquisa mostraram 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).

Quadro 1 – Síntese das pesquisas identificadas

Referências	Resíduos	Aplicações
Lima; Rossignolo (2009)	Cinzas da casca da castanha de caju	Substituto parcial do cimento Portland em matrizes cimentícias

Sua-Iam; Makul (2013)	Palhas de arroz e cinzas	Fabricação de concreto auto adensável
------------------------------	--------------------------	---------------------------------------

Quadro 1 (Continuação) – Síntese das pesquisas identificadas

Referências	Resíduos	Aplicações
Venkatanarayanan; Rangaraju (2014)	Cinzas de palhas de arroz de baixo carbono	Argamassas de cimento Portland
Pacheco-Torgal, Jalali (2011) Sellami, Merzoud, Amziane (2013)	Fibras vegetais	Incorporação ao concreto
Ban; Ramli (2011)	Cinza de madeira e sílica ativa densificada	Substituto parcial do cimento Portland em argamassas
Ramos; Matos; Souza-Coutinho (2014)	Pó de cortiça	Substituto parcial do cimento Portland em compósitos cimentícios
Subramaniam; Subasinghe; Fonseka (2015) Chowdhury; Mishra; Suganya (2015) Batt e Garg (2017) Ottosen et al. (2016) Ukrainczyk; Koenders; Stirmer (2017)	Cinza de madeira	Substituto parcial do cimento Portland em concretos
Yang; Huddleston; Brown (2016) Skripkiūnas et al. (2017)	Cinza de madeira	Substituição parcial do cimento ou areia em concretos convencionais, concretos compactados e de preenchimento
Mota et al. (2017)	Carvão ativado residual	Substituição parcial dos agregados em concretos convencionais
Sales et al. (2017)	Cinzas leves de carvão	Substituição parcial do cimento nos

concretos

Elias; Soares; Souza (2017)	Cinza pesada moída	Emprego como material impermeabilizante em obras ambientais, como camada de fundo de depósitos de resíduos (liners)
Beline et al. (2015)	Carvão vegetal, argila expandida e EPS	Substituição ao agregado graúdo em concretos
Santos; Tubino; Schneider (2015)	Resíduos de carvão mineral	Substituição ao agregado miúdo na produção de blocos de pavimentação de concreto
Repetto (2011)	Cinza leve e cinza pesada de carvão mineral	Emprego em concretos autoadensáveis
Dhengare et al. (2015) Reddy et al. (2015)	Resíduos de bagaço de cana	Substituição ao cimento Portland na produção de concreto de alta resistência

Fonte: Autores (2019)

Figura 1 – a) Caju: pedúnculo e castanha. b) Cascas de castanha após decorticação: pedaços não-uniformes.



Fonte: Lima; Rossignolo (2009)

As palhas de arroz não tratadas e as cinzas originadas de combustível pulverizado também foram 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).

Outra pesquisa mostra que 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, os resíduos provenientes de atividades ligadas a agricultura podem ser utilizados como matéria prima com aspectos econômicos positivos e 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, vantajosas quando comparado com o concreto de referência (REDDY et al., 2015).

Dhengare et al. (2015) apresentam o bagaço de cana como um material pozolânico para a produção de concreto de alta resistência, cuja adição indicam 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. Para estes autores, a utilização dos resíduos de bagaço no concreto soluciona o problema de seu descarte, contribuindo para tornar o meio ambiente livre de um tipo de poluição.

Outro componente agroindustrial, o carvão mineral, possui alto potencial de utilização nas usinas termelétricas 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 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, pesquisas 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 do 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).

Alguns resíduos têm sido trabalhados em conjunto para viabilizar a reutilização dos materiais que seriam descartados, tais como a produção de concreto leve contendo carvão vegetal, argila expandida e poliestireno expandido (*Expanded PolyStyrene* – 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. Embora haja padrões de qualidade 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).

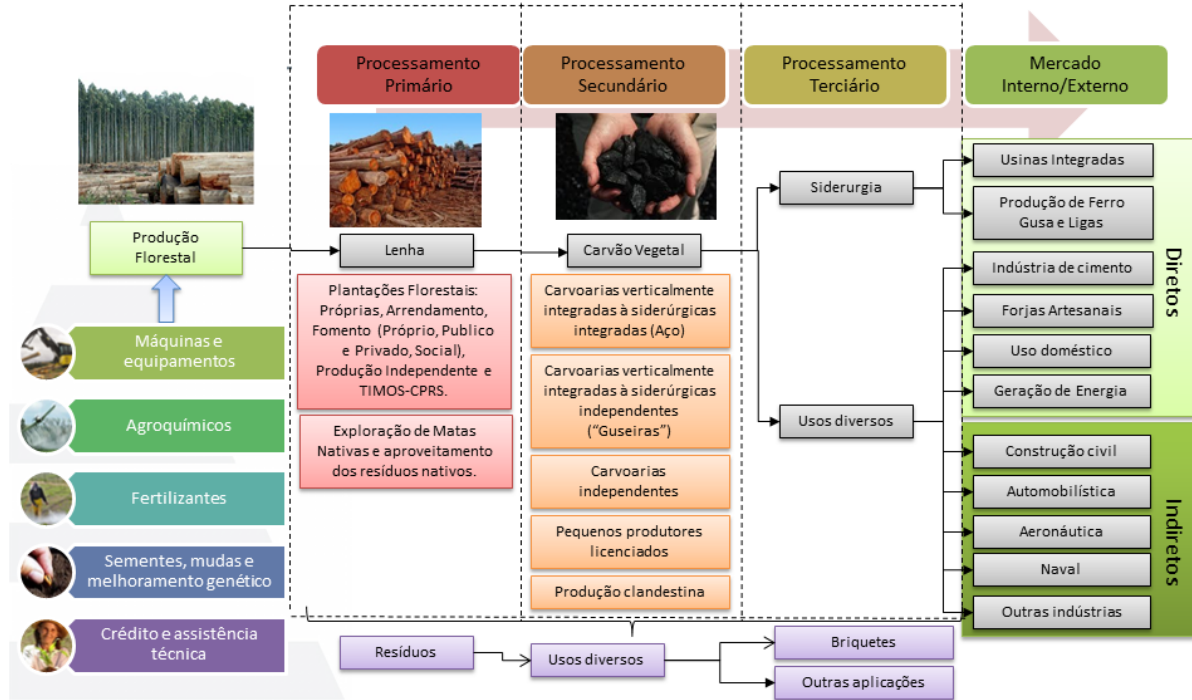
3.2 APLICAÇÕES DO CARVÃO VEGETAL

O carvão vegetal, cujo nome botânico é “Carbo activatus”, é obtido por meio da queima ou carbonização da madeira. Comumente utilizado como combustível para aquecedores, lareiras e churrasqueiras, tem forte atuação na produção de ligas metálicas como termorreductor, especialmente na produção de ferro-gusa e aço. Por ser uma forma de energia barata, abundante e acessível, o carvão vegetal é bastante utilizado nas áreas urbanas e rural, tanto para uso doméstico quanto comercial, conforme Figura 2.

No Brasil o maior consumidor de carvão vegetal é o setor siderúrgico 85% para produção de ferro gusa, 9% residenciais e 1,5% pizzarias, padarias e churrasqueiras entre outros. O carvão vegetal tem posição de destaque na economia brasileira e, principalmente, na economia do Estado de Minas Gerais, uma vez que o seu consumo representa 66,7% do total de carvão vegetal consumido no país (FROEHLICH; MOURA, 2014).

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).

Figura 2 – Processo de beneficiamento do carvão vegetal e aplicações.



Fonte: STABH (2018)

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).

Na construção civil, o carvão vegetal pode ser usado no enchimento e nivelamento de lajes de piso (Figura 3). Por ser um material leve, atende aos requisitos construtivos de execução sem agregar peso a estrutura.

Figura 3 – Nivelamento de laje com resíduos de carvão vegetal.



Fonte: Autores (2019)

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 pode ainda ser usado para fins medicinais e farmacêuticos. Schwartsman (1999); Lopes e 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 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.

3.3 CARVÃO VEGETAL E SUSTENTABILIDADE

A questão, sustentabilidade, é uma das mais discutidas em conferências sobre o meio ambiente. Eventos como a Conferencia 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 pelo Comitê de Meio Ambiente (COMASP) do Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo (SINDUSCON-SP, 2013), o Guia Metodológico para Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Construção Civil – Setor Edificações visando a orientação das empresas para a tomada de decisões no sentido de garantir a difusão e aplicabilidade dos conceitos de sustentabilidade no setor da construção civil, garantindo também uniformidade nos critérios e procedimentos.

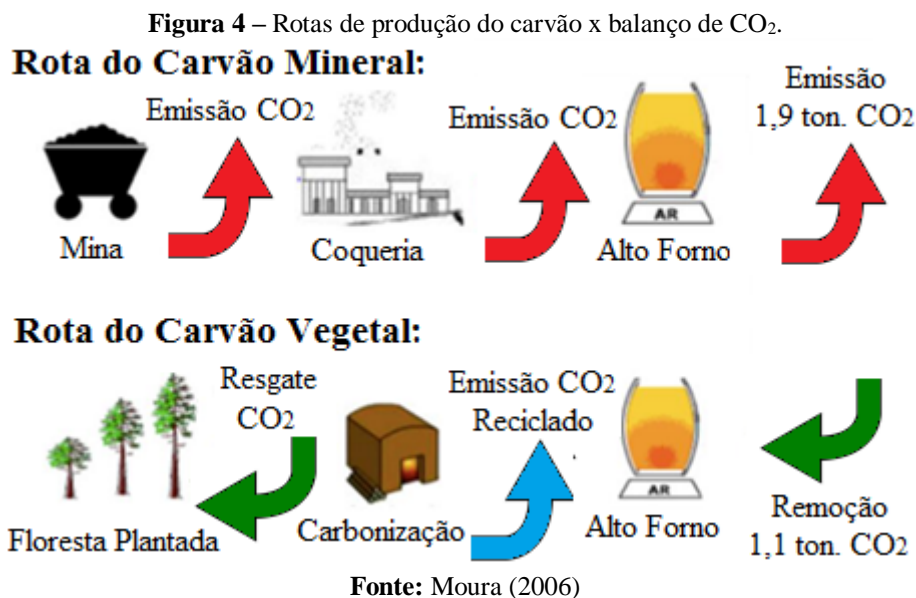
Aliado a este guia, pode-se citar as certificações LEED e o ACQUA, selos que permitem classificar a construção como um empreendimento sustentável. O foco principal está na redução do consumo de recursos naturais e consequentemente, redução dos impactos ambientais (GREEN DOMUS, 2017).

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).

Na Figura 4, a seguir, são apresentadas as rotas de produção de gusa a partir do carvão mineral e vegetal, além das emissões e remoções de dióxido de carbono em cada rota. A substituição do carvão mineral pelo carvão vegetal possibilita um ganho ambiental de três toneladas de dióxido de carbono equivalente por tonelada de gusa produzida.



Ambientalmente o carvão vegetal leva grande vantagem em relação ao carvão mineral uma vez que é proveniente de uma fonte renovável. Apesar dos atuais processos de carbonização não serem isentos de poluição, dentre as vantagens das plantações florestais, destaca-se a possibilidade de remoção de CO₂ da atmosfera (1,8t CO₂/t madeira seca), liberação de O₂ para atmosfera (1,3t O₂/t madeira seca), além da retenção e aumento do estoque de carbono (20 kg CO₂/árvore ano) (SILVA et al., 2016).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil existe grande volume de resíduos vegetais e agroindustriais que não são reaproveitados, causando problemas de gestão administrativa e ambiental. Com o 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 receios, a produção de matrizes cimentícias apresenta-se como uma alternativa inerente ao tema aproveitamento de resíduos, o anseio e a expectativa da sociedade em relação à preservação do meio ambiente. Desde que esteja governamentalmente amparado, favorece o desenvolvimento do setor aliado as recentes leis criadas que visam ao atendimento do chamado, 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.

Como exposto durante o trabalho, a utilização dos resíduos provenientes do beneficiamento do carvão vegetal possui muitas possibilidades. Este 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. No que diz respeito à cinza pesada, esta pode servir como um material alternativo nas 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, alcançando as mesmas resistências à compressão. Em algumas pesquisas, ainda fica evidente o efeito filler das cinzas pesadas e o potencial de pozolanicidade nas matrizes cimentícias.

Não obstante as aplicações 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.

AGRADECIMENTO

Ao apoio da agência Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BAN, C. C.; RAMLI, M. Properties of high calcium wood ash and densified silica fume blended cement. **International Journal of Physical Sciences** v. 6, n. 28, p. 6596-6606, 2011.
- 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.

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, pISSN:2349-4395.

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

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.

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.

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.

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.

GARCIA, M. D. L.; SOUSA-COUTINHO, J. Cementitious building materials reinforced with vegetable fibres: A review. **Construction and Building Materials**, v. 25, ed.2, p. 575-581, 2011.

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.

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.

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.

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.

LOPES, J.; MATHEUS, M. E. Risco de hepatotoxicidade do Paracetamol (Acetaminofem). **Revista Brasileira de Farmácia**, p. 411-414, 2012.

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.

MOTA, L. C. S.; FERREIRA, R. H. C.; FIGUEIRA, S. L.; MONTEL, A. L. B.; D'OLIVEIRA, M. C. P. E. **Avaliação dos efeitos da adição de carvão ativado residual ao concreto**. In.: ANAIS DO 59º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO – 59CBC2017, Bento Gonçalves-RS, 2017.

MOURA, G. A., **Grupo Plantar – 40 Anos no Caminho da Sustentabilidade**. In: 6ª Conferência LatinoAmericana sobre Meio Ambiente e Responsabilidade Social. Belo Horizonte. Setembro, 2006.

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.

PACHECO-TORGAL, F.; JALALI, S. Cementitious building materials reinforced with vegetable fibres: A review. **Construction and Building Materials**, v. 25 (2), p. 575-581, 2010.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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

SCHVARTSMAN, C.; SCHVARTSMAN, S. Intoxicações exógenas agudas, *Jornal de Pediatria*, v. 75, supl.2, Rio de Janeiro, 1999.

SELLAMI, A.; MERZOU, M.; AMZIANE, S. Improvement of mechanical properties of green concrete by treatment of the vegetals fibers. **Construction and Building Materials**, v.47, p. 1117-1124, 2013.

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.

SILVA, G. L. R.; BRAGA, E. M. H. ; ASSIS, P. S. ; QUINTAS, A. C. B. ; DORNELAS, P. H. G. ; MOURA, L. C. A. **Utilização de finos de carvão vegetal para produção de biocoque metalúrgico**. In: ABMWeek 2016, Rio de Janeiro. 46º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 2016.

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.

SINDICATO DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SINDUSCON-SP). Comitê de Meio Ambiente (COMASP). **Guia Metodológico para Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Construção Civil: Setor Edificações**. 2013. 76p. Disponível em https://sindusconsp.com.br/wp-content/uploads/2015/05/guia_gee_i_pad_e_web.pdf. Acesso em 17 de fevereiro de 2019.

STA BH. **Carvão Vegetal**. 2018. Disponível em: < <http://www.stabh.com/carvao-vegetal/> > Acesso em 17 de fevereiro de 2019.

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.

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.

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.

WATTS, R.; PORTER, A. L. Innovation Forecasting. **Technological Forecasting and Social Change**. N.56, p. 25-47, 1997.