



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS - CCEN
CURSO DE INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

WALTER DE LIMA CAVALCANTE

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS VEGETAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

MOSSORÓ

2019

WALTER DE LIMA CAVALCANTE

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS VEGETAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof(a). Dr(a). Marineide Jussara Diniz

MOSSORÓ

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

C376u Cavalcante, Walter de Lima.
Utilização de Resíduos Vegetais na Construção Civil / Walter de Lima Cavalcante. - 2019.
34 f. : il.

Orientadora: Marineide Jussara Diniz.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e Tecnologia, 2019.

1. Impacto ambiental. 2. Sustentabilidade. 3. Rejeitos. I. Diniz, Marineide Jussara, orient.
II. Título.

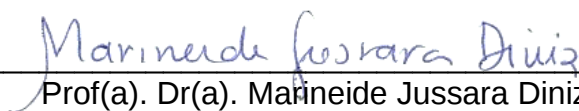
WALTER DE LIMA CAVALCANTE

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS VEGETAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

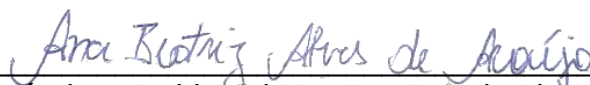
Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 20/03/2019.

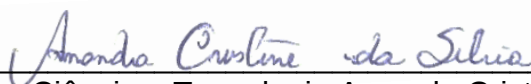
BANCA EXAMINADORA



Prof(a). Dr(a). Marneide Jussara Diniz
Presidente



Eng. Agrícola e Ambiental Me. Ana Beatriz Alves de Araújo
1º Membro



Bel. em Ciência e Tecnologia Amanda Cristine da Silva
2º Membro

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por cada amanhecer e por cada oportunidade a qual me é concedida na busca pela realização dos meus sonhos.

Aos meus pais, Wagner e Algiane, aos quais tudo devo, que são minha rocha, melhor e mais forte base, por cada incentivo, palavra de motivação que me dirigem, por todo investimento que fazem nos meus estudos e por não desacreditarem no meu potencial e capacidade de realizar os meus maiores sonhos, que inclusive, são também os deles.

Ao meu irmão, Wagner Júnior, por ser amigo nas horas em que menos estou disponível, por compartilhar comigo o desejo da realização dos meus objetivos e ser a minha mais descontraída torcida.

Aos meus avós, tios(as), primos(as) por comporem a minha maior torcida na realização dos meus objetivos.

Aos meus amigos que se fazem presente tanto na rotina da faculdade, sempre dispostos a me ajudar e dar força para seguir em frente, quanto os que, de longe, torcem pelo sucesso dos meus planos de vida e se fazem presentes nas redes sociais e nas melhores lembranças, compartilhando os desafios dessa fase universitária.

A minha orientadora, neste trabalho de conclusão de curso, professora Dra. Marineide Jussara Diniz, por ter me aceitado como orientando. Agradecer por cada conversa, pela paciência comigo, pela ajuda que me foi concedida no avançar de cada etapa deste trabalho, me entendendo e ajudando a superar todas as dificuldades encontradas, por cada tempo e preocupação destinados para a conclusão deste, e por me conceder a honra de receber as suas orientações. Gostaria de expressar minha tamanha admiração pela profissional que és, e pela forma como orienta cada um de seus alunos. Que Deus esteja sempre com a senhora, em todos os momentos!

A UFERSA e a todos os docentes por todo conhecimento repassado, sempre com maestria e satisfação.

Agradeço aos membros da banca pela disponibilidade em avaliar este trabalho.

RESUMO

Com o alavancar da construção civil, e a crescente utilização de material natural utilizado em larga escala pelo setor, surge a preocupação com a disposição e manejo de todo resíduo por ele gerado. A partir dessa problemática, pesquisadores estudam a inserção de materiais biodegradáveis como fonte de matéria-prima para a atividade. Através de um estudo bibliográfico, com enfoque para os resíduos vegetais, foi feito um levantamento desde o período paleolítico acerca das primeiras construções feitas pelo homem, até a contemporaneidade. Os resultados obtidos por pesquisadores, indicam a viabilidade da aplicação de cinza como adição ou substituição (total ou parcial) de minerais na indústria.

Palavras-chave: Impacto ambiental. Sustentabilidade. Rejeitos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cabana: construção a base de ramos e canas	17
Figura 2 – Palafita: construção a base de madeira	17
Figura 3 - Caroço do açaí.....	21
Figura 4 - Cinza do Caroço do Açaí	22
Figura 5 - Plantio Cana-de-açúcar	23
Figura 6 - Bagaço cana-de-açúcar	24
Figura 7 - Cinza do bagaço da cana-de-açúcar	24
Figura 8 - Casca de Arroz	26
Figura 9 - Cinza de casca de arroz	27
Figura 10 - Castanha do Caju	28
Figura 11 - Casca da castanha do caju.....	29
Figura 12 - Resíduo da casca da castanha após processo de pirólise	30
Figura 13 - Resíduo triturado em forma de farelo.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
CCA	Cinza do Caroço do Açaí
CBCA	Cinza do Bagaço da Cana-de-Açúcar
CA	Casca do Arroz
CCCC	Cinza Casca da Castanha do Caju
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
Nº	Número
Vol.	Volume
P.	Página

LISTA DE SÍMBOLOS

@	Arroba
©	Copyright
®	Marca registrada
%	Porcentagem
°C	Graus Celsius

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivos específicos	14
3	METODOLOGIA	15
4	REVISÃO DE LITERATURA	16
4.1	Histórico	16
4.2	Materiais pozolânicos	19
4.3	Resíduos vegetais na Construção Civil	20
4.3.1	Cinza do caroço de açaí	20
4.3.2	Bagaço cana-de-açúcar	23
4.3.3	Cinza da casca de arroz	25
4.3.4	Cinza casca da castanha do caju	27
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1 INTRODUÇÃO

Segundo Rocha *et al.* (2011), a construção civil pode influenciar nas mudanças climáticas, devido ao elevado volume de material natural que o setor utiliza e à interferência de suas atividades que produzem impactos ambientais.

Pesquisadores apontam o ramo da indústria, como uma das principais atividades que o homem produz resíduo no mundo, seja sólido, líquido ou até gasoso, é fato que tais rejeitos quando não dispostos na natureza de forma correta, podem causar inúmeros impactos ambientais, o que pode comprometer a conservação da fauna, flora do ecossistema, além de promover o desenvolvimento de um planeta cada vez mais insustentável.

Desde antes de se tornar um dos principais indicadores de desenvolvimento, os efeitos da atividade do ramo, vêm se tornando motivo de preocupação. Em virtude dessa problemática, estudiosos passaram a analisar a possibilidade de inserir novos materiais como fonte de matéria-prima para a utilização nos processos de engenharia.

Dentro do contexto apresentado, uma das maneiras para reduzir a quantidade de material natural que é retirado da natureza para ser usado como matéria-prima, seria utilizar resíduo de origem biodegradável, que estaria sendo tratado como rejeito por alguns setores da indústria. A agricultura, por exemplo, oferece uma gama de resíduos gerados pela sua atividade, que vem sendo estudado para a possível inserção no ramo da construção.

Entre estes pontos de pesquisa, além do próprio rejeito gerado pelo setor da construção, tem sido estudado a utilização de resíduos agroindustriais como: cascas, cinzas das cascas, folhas, sementes ou todo e qualquer resíduo que possa ser fonte de energia, ou utilizado como adição, substituição (total ou parcial) que venha a reduzir os custos, e impactar positivamente o meio ambiente.

Dessa forma, órgãos técnicos, governos, empresas têm se engajado na incorporação de práticas de sustentabilidade, e essa é uma aptidão crescente no mundo. Em razão de que as novas gerações vão surgindo a medida que se desenvolve a ideia de praticar a sustentabilidade, de preocupar-se com o meio em que vive e zelar por ele.

Neste trabalho, portanto, propõe-se estudar a aplicação de resíduos vegetais no ramo da construção civil, de forma a minimizar os impactos ambientais causados

pela incessante retirada de material natural, e o alto índice de resíduo sólido gerado pelo setor.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar um estudo bibliográfico utilizando teses, dissertações, artigos técnicos entre outras publicações especializadas, a respeito do uso de materiais não convencionais, com enfoque para os resíduos vegetais.

2.2 Objetivos específicos

- Demonstrar a quantidade de resíduos sólidos gerado pela construção civil;
- Disseminar a importância do aproveitamento de resíduos vegetais;
- Relacionar benefícios para indústria, meio ambiente e sociedade.

3 METODOLOGIA

O trabalho foi realizado com base em uma análise bibliográfica, utilizando materiais técnicos como, artigos, livros, periódicos, teses e dissertações, sobre o uso de resíduos vegetais no ramo da construção civil; foi realizado um levantamento desde a pré-história, onde o homem começou a desenvolver técnicas que viessem a viabilizar sua moradia, até aplicações modernas, muitas ainda em estudo, com material não-convencional referenciado em artigos, dissertações e teses publicadas. As informações obtidas na literatura foram fontes para disseminar a preocupante situação de destino dos resíduos gerados pela indústria, bem como falar sobre possíveis soluções para esta.

4 REVISÃO DE LITERATURA

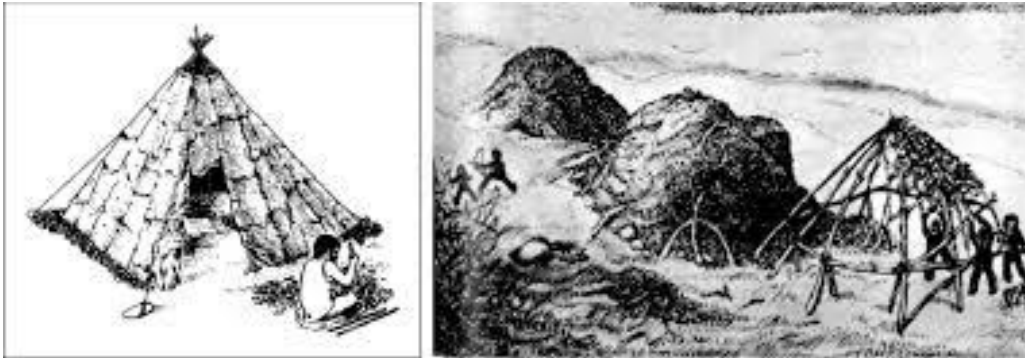
4.1 Histórico

De acordo com Santo [2012?], antes que conquistasse o prestígio e alcançasse o desenvolvimento que tem hoje, foi preciso que a Engenharia percorresse um longo trajeto de seis mil anos, desde que o homem deixou as cavernas e começou a pensar numa moradia mais segura e confortável para a sua família. Já os templos, os palácios e os canais, que foram marca registrada na Antiguidade, começaram a fazer parte da paisagem cerca de dois mil anos depois do aparecimento das primeiras habitações familiares.

A História da Construção debruça-se sobre os fatos e eventos correlacionados direta e indiretamente à construção arquitetônica e urbana e tem como pesquisadores, profissionais oriundos de campos distintos do saber científico como arquitetura, urbanismo, engenharia, história, arqueologia, geografia, sociologia, pedagogia etc. (RIBEIRO, 2011).

Segundo (LOURENÇO; BRANCO, 2012), conhecem-se diversas construções que serviram de habitação ou abrigo temporário, desde os tempos mais remotos. Alguns exemplos são a cabana, formada por uma estrutura de suporte feita com ramos e canas, com uma cobertura composta por mistura de folhas com argila, colmo ou peles de animais (Figura 1); a palafita ou habitação lacustre de madeira, elevada sobre pilotis ancorados no fundo dos lagos ou em zonas pantanosas (Figura 2) e os terramares, descobertos em Itália (cabanas de madeira e argila que se encontraram em lugares pantanosos). Em qualquer lugar onde se encontrassem materiais provenientes da envolvente próxima, propícios à construção, eram aproveitados pelas tribos primitivas para serem utilizados na construção e revestimento de abrigos.

Figura 1 – Cabana: construção a base de ramos e canas



Fonte: (LOURENÇO; BRANCO, 2012).

Figura 2 – Palafita: construção a base de madeira



Fonte: (PAPIRO E NANQUIM, 2013).

A evolução das habitações não ocorreu apenas com o passar do tempo, mas também sofreu influências de outra natureza, como a modificação dos solos e do clima e a necessidade de proteção do homem face aos perigos externos. Desta forma, o homem começou a fazer as casas com os materiais disponíveis, adotando técnicas de construção dominadas por certos grupos através do planeamento e da arquitetura. Desde o aparecimento do Homem, a técnica e a arte de trabalhar a madeira têm evoluído, começando por um processo manual e primitivo, até à vasta e engenhosa indústria moderna (LOURENÇO; BRANCO, 2012).

Segundo Degani (2003), o modelo de desenvolvimento ainda hoje praticado por vários setores econômicos caracteriza-se pelo consumo indiscriminado de

recursos naturais para a produção de bens, os quais, depois de utilizados são depositados descontroladamente no meio ambiente. As suas consequências mais evidentes são: escassez de recursos naturais não renováveis; diminuição da camada de ozônio e efeito estufa; perda da diversidade genética; geração de resíduos; poluição do ar e chuva ácida; poluição das águas e poluição do solo.

A indústria da construção é apontada pelo Conselho Internacional da Construção (CIB) como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais. Há também inúmeros impactos além dos relacionados ao consumo de matéria e energia, como os associados à geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Tais aspectos ambientais, somados à qualidade de vida que o ambiente construído proporciona, sintetizam as relações entre construção e meio ambiente (OLIVEIRA, 2015).

Segundo relatório do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma, 2011), o setor da construção civil responde por mais de um terço do consumo de recursos do planeta, o que inclui 12% do consumo mundial de água doce, além de gerar 40% de todos os resíduos sólidos do mundo (ROCHA *et al.*, 2013).

Para Rocha e Cheriaf (2003), durante as diversas etapas da construção, devem ser aprimoradas formas de minimização da geração, e quando possível a introdução dos resíduos no próprio processo ou unidade de serviço onde este foi gerado.

No entanto, a corrente preocupação ambiental por parte dos governos, setor privado e população, tem levado à constante procura por práticas menos agressivas ao meio ambiente. Segundo pesquisa da revista Business Week, realizada em 2006, constata-se que as próximas gerações aumentarão a demanda por itens ligados a sustentabilidade, sendo que dos entrevistados, 89% afirmaram que escolhem marcas associadas a esse conceito (FEBRABAN, 2010).

Sendo assim, a incorporação de práticas de sustentabilidade na construção é uma tendência crescente no mundo. Isso significa que as construções, para ganharem status de sustentáveis, devem ser concebidas e planejadas a partir de várias premissas. Dentre elas, a escolha de materiais que menos agredam o meio ambiente, de origem certificada e com baixas emissões de CO₂; com menor geração de resíduos durante a fase de obra; que contribuam para o desempenho das edificações; que suprimam menores áreas de vegetação; que necessitem do menor volume possível

de energia e água, tanto na fase de construção como na de uso; e, ainda, que possam ser reaproveitadas ao fim de seu ciclo de vida (OLIVEIRA, 2015).

As pessoas começaram a absorver a ideia de preocupação com a sustentabilidade nos últimos anos. Para a elaboração de projetos, os profissionais têm atentado mais para a busca de materiais sustentáveis, que possam ser inseridos no meio de produção (Akatu, 2010).

A crescente conscientização em relação ao meio ambiente fez com que a indústria priorizasse a utilização de materiais naturais, entre eles, as fibras vegetais; entretanto com muito mais conhecimento das mesmas e com o avanço da tecnologia, o que permite seu melhor aproveitamento, juntamente com a constante busca por novas metodologias e por processos não poluentes e eficazes (COIMBRA; OLIVEIRA, 2005).

4.2 Materiais pozolânicos

Os materiais pozolânicos detêm de características que indicam a possível viabilidade de utilização de materiais não convencionais na construção. Segundo a Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT), pela Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 12653/1992, são materiais silicosos ou silicoaluminosos que, por si só, possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, mas que, quando finamente divididos e na presença da água, reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente para formar compostos com propriedades aglomerantes.

São classificados, segundo a NBR 12653/1992 em:

- Pozolanas Naturais: possuem origem vulcânica, geralmente de caráter petrográfico ácido (65% de SiO_2) ou de origem sedimentar com atividade pozolânica;
- Pozolanas Artificiais: são provenientes de tratamento térmico ou subprodutos industriais com atividade pozolânica. Este grupo faz menção aos resíduos vegetais em estudo. Se divide em grupos, são eles:
 - i. Argilas calcinadas, que são materiais provenientes de calcinação de certas argilas submetidas a temperaturas, em geral, entre 500°C e 900°C, de modo a garantir a sua reatividade com hidróxido de cálcio;

- ii. Cinzas volantes, que são resíduos finamente divididos que resultam da combustão de carvão mineral pulverizado ou granulado com atividade pozolânica;
- iii. Outros materiais, não tradicionais como escórias siderúrgicas ácidas, cinzas de resíduos vegetais, rejeito de carvão mineral.

4.3 Resíduos vegetais na Construção Civil

Segundo Santos *et al.* (2011), apesar de apresentar dados de impacto ambiental deste porte, porém, a construção civil também pode proporcionar um grande potencial na minimização dos problemas decorrentes da disposição incorreta dos resíduos, pela viabilidade oferecida na incorporação destes rejeitos em novos materiais de construção. A importância do aproveitamento de resíduos na construção civil deve-se basicamente aos fatores:

- Possibilidade de desenvolvimento de materiais de baixo custo, a partir de subprodutos industriais;
- Interface direta do setor da construção com a cadeia produtiva, fornecedora de insumos e bem minerais;
- Ao fato de que a constituição química da grande maioria de resíduos ser predominantemente de silicatos, aluminatos e óxidos alcalinos, os mesmos que fazem parte da constituição básica de diversos materiais de construção;
- À grande quantidade produzida destes materiais, possibilitando uma utilização dos resíduos em larga escala.

A construção civil é potencialmente o setor que mais apresenta possibilidades de incorporação de resíduos, em novos materiais, já que é o maior consumidor de recursos naturais de qualquer economia (JOHN, 2000).

Entre os resíduos que podem ser utilizados como materiais, na construção, podemos citar:

4.3.1 Cinza do caroço de açaí

Depois de queimado, o açaí resulta na Cinza do Caroço do Açaí (CCA), rico em sílica e, portanto, podendo ser utilizada como adição mineral, substituindo

parcialmente o cimento na produção de argamassas e concretos, resultando em economia e diminuição de degradantes ao meio ambiente. Com grande quantidade de sílica na CCA, vislumbra-se a obtenção de silicatos de cálcio, através da reação com o hidróxido de cálcio, o que o tornaria um elemento com propriedades cimentantes (CARVALHO *et al.*, 2018).

A seguir, na Figura 3, pode ser observado o caroço do açaí antes de ser levado para o processo de queima, na obtenção das cinzas.

Figura 3 - Caroço do açaí



Fonte: (CASCAVILHA, 2013).

Em 2014, Marins *et al.* estudaram o efeito da incorporação da cinza do caroço de açaí (Figura 4) em formulações de cerâmica estrutural, a fim aumentar as propriedades físicas e mecânicas da mesma. Foram preparadas formulações, com percentuais de rejeito de até 15% em peso. Foram fabricados cinco corpos de provas em quantidades pré-estabelecidas de diferentes formulações, que seriam levados ao forno elétrico nas temperaturas de 950°C, 1050°C e 1150°C.

Figura 4 - Cinza do Caroço do Açaí



Fonte: (R7, 2014).

De acordo com as experimentações (MARINS *et al.*, 2014), A adição da cinza do caroço de açaí em cerâmicas estruturais mostrou-se uma alternativa interessante para a utilização deste abundante rejeito orgânico. Os testes realizados mostraram que teores de até 15% de rejeito, em associação à massa argilosa para fabricação de cerâmica estrutural, melhoraram as propriedades físicas e mecânicas das amostras. A densificação aumenta na medida em que a temperatura de sinterização é aumentada, devido ao efeito fundente da cinza, que forma fase líquida a qual preenche parcialmente a porosidade do material, aumentando sua densidade e diminuindo sua porosidade aparente e também causando um aumento significativo na sua resistência mecânica.

Segundo Tapajós *et al.* (2014), utilizando como parâmetro a queima não controlada (temperatura) do caroço do açaí, o CCA manifesta um pequeno grau de amorficidade com eminências que demonstram a cinza em um estado cristalino, resultando na falta de efeito pozolânico, reduzindo assim, a resistência mecânica dos concretos com CCA em relação aos concretos de referência.

Apesar disto, os ensaios realizados com substituição de 10% à 20% de CCA em concretos, demonstraram-se satisfatório, em razão da capacidade de produzir concretos com resistências à compressão usais em projetos. Vale também ressaltar que o concreto, nesta conjuntura, apresenta maior durabilidade devido ao efeito microfíler (CARVALHO *et al.*, 2018), que pode ser entendido pelo aumento da densidade da mistura resultante do preenchimento dos vazios pelas minúsculas partículas das adições.

4.3.2 Bagaço cana-de-açúcar

No Brasil o cultivo da cana-de-açúcar (Figura 5) é de suma importância, pois se trata de um recurso agrícola natural e renovável e a partir dele se obtém: etanol, açúcar e energia além dos subprodutos: vinhaça, torta de filtro, bagaço, levedura seca e partículas de cinza (CORREA *et al.*, 2013). Segundo Lima (2008), atualmente, o Brasil é responsável pela produção de cerca de 60% do álcool etílico consumido no planeta e é o maior produtor mundial de açúcar.

Figura 5 - Plantio Cana-de-açúcar



Fonte: (UNIVERSOAGRO, 2015).

De todos os resíduos da unidade industrial sucroalcooleira, o bagaço (Figura 06) é um dos mais atrativos, apesar de não ser o de maior volume, por causa de seu poder calorífico, o que faz dele o principal combustível de todo o processo produtivo da fabricação do açúcar e do álcool. Este resíduo, atualmente, tem diversas aplicações na economia brasileira: na alimentação animal, na produção de combustível, na cogeração de energia, na indústria de cosméticos e na engenharia civil (SESSA, 2013).

Figura 6 - Bagaço cana-de-açúcar



Fonte: (CICLOVIVO, 2017).

Durante a extração do caldo da cana-de-açúcar é gerada grande quantidade de bagaço. Cerca de 95% de todo o bagaço produzido no Brasil são queimados em caldeiras para geração de vapor gerando, como resíduo, a cinza de bagaço (Figura 7) que é constituída, basicamente, de sílica (SiO_2) (CORREA *et al.*, 2013).

Figura 7 - Cinza do bagaço da cana-de-açúcar



Fonte: (LOPES *et al.*, 2014).

Correa *et al.* (2013), desenvolveram experimentos para estudar a possibilidade de substituir parte do cimento em argamassa por cinza de bagaço de cana-de-açúcar na fabricação de tijolos para construção civil. Os tijolos de bagaço de cana-de-açúcar são considerados tijolos ecológicos, pois não precisa da queima e retirada de argila que se encontra nos cursos d'água, provocando erosão e assoreamento de rios. Portanto esses tijolos de bagaço de cana reduzem os custos em relação a outros

tijolos, sendo sua confecção uma alternativa vantajosa econômica e ambientalmente para a construção civil.

A cinza do bagaço de cana-de-açúcar foi originária de uma Usina Sucroalcooleira instalada na região de Bebedouro-SP, coletada na lavagem de gases da caldeira, portanto a cinza possuía alto teor de umidade. Na produção da argamassa foram misturados manualmente cinza úmida do bagaço, cimento e areia na proporção de 46,60%, 13,90% e 25,60% respectivamente, até obter uma pasta uniforme. Após obtenção da pasta de argamassa, esta foi transferida para uma fôrma retangular de alumínio revestida com plástico para facilitar desenformar. O tijolo foi então desenformado e deixado secar ao ar por 36 horas. Os resultados indicaram a possibilidade de substituir 22,98% do cimento por cinza de bagaço de cana, sem prejuízo de resistência a compressão simples (CORREA *et al.*, 2013).

Lopes *et al.* (2014), por sua vez, analisaram a utilização da cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA) como substituição parcial do cimento Portland, analisando-se a resistência à compressão de amostras de concreto feitas com teores de substituição de 10, 20 e 30% e sem substituição do cimento pela CBCA. Foi utilizado CBCA da usina São Domingos Açúcar e Álcool S.A. com cedeo no Município de Catanduva, estado de São Paulo, na qual a caldeira para a queima do bagaço de cana-de-açúcar atinge uma temperatura entre 750 e 800°C. Com os resultados, verificou-se que as reduções de resistência à compressão mais acentuadas, em qualquer traço, se deram para as substituições de cimento Portland por CBCA nos teores de 20 e 30%, enquanto o teor de 10% apresentou-se estatisticamente semelhante à referência. Ainda assim, os autores salientaram a importância da realização de estudos mais aprofundados para verificação da viabilização técnica e econômica deste resíduo para seu confiável emprego como material de construção, visando atingir fatores econômicos e ambientais com relação ao uso do CBCA na produção do concreto.

4.3.3 Cinza da casca de arroz

As cascas de arroz (CA) têm se apresentado como uma fonte promissora em vários ramos. Dentre eles podemos citar a produção de energia através da queima das cascas de arroz e o aproveitamento de suas cinzas ricas em sílica; como material adsorvivo; para produção de carbetos de silício (SiC); produção de sílica pura; utilização

das cinzas como carga em polímeros; produção de cimento e uso em concreto; uso de cinza como suporte de catalisadores metálicos; síntese de zeólitas; e produção de diferentes tipos de silicatos, são algumas alternativas. Dessa forma muitos estudos estão sendo realizados no intuito do melhor aproveitamento deste rejeito (SANTOS *et al.*, 2014).

A casca de arroz (Figura 8), apresenta em sua epiderme externa maior concentração de sílica, na região interna da casca que apresenta um aspecto mais liso da epiderme interna, encontram-se em maior concentração a celulose e a lignina, principais compostos orgânicos da casca. A sílica presente na casca, e por consequência na cinza, está concentrada principalmente dentro da epiderme externa em direção ao meio da estrutura da casca. No entanto, uma pequena, mas significativa quantidade de sílica reside na epiderme interna, adjacente ao grão de arroz (SANTOS *et al.*, 2014).

Figura 8 - Casca de Arroz



Fonte: (BIOMASSA E BIONERGIA, 2012).

A casca de arroz armazena, durante o crescimento da planta, sílica (SiO_2) provinda do solo. A quantidade de sílica presente na CA depende de variáveis, tais como condições climáticas, temperatura e ação de fertilizantes (ALI *et al.*, 1992).

Além disso, segundo (RODRIGUES, 2008) quando depositada de forma inadequada devido ao seu acúmulo constante, pode ocorrer uma decomposição anaeróbica que produz gases poluentes (metano e óxido nitroso, que são danosos à camada de ozônio).

É um material de lenta decomposição na natureza (estimada em cerca de 5 anos), portanto, o acúmulo anual desse resíduo passa a ser um grave problema de descarte e deposição, e ocorre o mesmo com a cinza que é resultante de sua queima (ZUCCO, 2007).

As cinzas (Figura 9) obtidas através de processos de combustão controlada, com temperaturas entre 500°C e 700°C, têm características amorfas e possuem alta pozolanicidade, produzindo efeitos benéficos sobre cimentação (FONSECA, 2010).

Figura 9 - Cinza de casca de arroz



Fonte: (BRAZ, 2010).

A cinza de casca de arroz constitui-se em um dos resíduos agro-industriais de maior produção no mundo. Seu aproveitamento como material pozolânico na construção civil é de extrema importância, tanto econômica quanto ecologicamente, pois impede seu descarte em forma de aterro, que seria um fator gerador de problemas ambientais de poluição do solo, do ar e de rios e córregos (FONSECA, 2010).

4.3.4 Cinza casca da castanha do caju

O estado do Ceará detém no Brasil, juntamente com os estados do Piauí e Rio Grande do Norte, a produção e exportação de castanha do caju (Figura 10), ocupando com a cultura do caju, metade das áreas cultiváveis pela agroindústria no Nordeste do Brasil (SILVA et al, 2005).

Figura 10 - Castanha do Caju



Fonte: (COSTA, 2015).

De espécie nativa do litoral brasileiro, o caju que, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2017), tem o estado do Ceará como seu maior produtor do país. Segundo (CARVALHO *et al.*, 2018), até então poucas pesquisas foram realizadas estudando a possibilidade da aplicação do resíduo na construção civil. Ainda assim, segundo (LIMA, 2008), através de análise físico-química deste material, foi possível comprovar certa viabilidade quando adicionado como microfíler às matrizes cimentícias. Porém, somente um baixo percentual de adição teve êxito nos testes de resistência à compressão realizados em argamassas.

Dentre os vários processos industriais que geram resíduos descartáveis, a indústria da castanha de caju utiliza a própria casca da castanha (Figura 11) para gerar mais calor nas caldeiras de decorticação de novas castanhas. A CCCC é exatamente o resíduo resultante da queima das cascas da castanha durante esse processo (LIMA, 2008).

Figura 11 - Casca da castanha do caju



Fonte: (SENADO, 2012).

Ensaio complementares de microscopia eletrônica de varredura, apresentam a cinza com aspecto lamelar, que por sua vez tende a diminuir a trabalhabilidade de argamassas no estado fresco e aumentar o consumo de água. Apesar de apresentar viabilidade física quanto a mínima adição em matriz cimentícia, a análise química da CCCC descarta seu uso pois a cinza apresenta uma expressiva quantidade de magnésio (MgO), sódio (Na_2O) e potássio (K_2O). Esses constituintes são denominados de álcalis e podem prejudicar o desempenho dos produtos à base de cimento (NEVILLE, 1997; MEHTA; MONTEIRO, 1994), provocando a decomposição do concreto e diminuindo a evolução da resistência mecânica.

SILVA et al (2005), por sua vez estudou sobre a viabilidade da utilização do resíduo da castanha do caju na confecção de tijolos de terra crua. A partir do bagaço de pedaços não uniformes (figura 12) obtidos através do processo de pirólise (queima) da castanha, foi necessário o tritramento do resíduo em grãos menores (figura 13), proporcionais à granulometria do solo, já que utilizá-lo no seu estado natural poderia comprometer estruturalmente a resistência dos tijolos, uma vez que poderia criar espaços não-homogêneos ao longo do bloco.

Figura 12 - Resíduo da casca da castanha após processo de pirólise



Fonte: (SILVA et al, 2005).

Figura 13 - Resíduo triturado em forma de farelo



Fonte: (SILVA et al, 2005).

O restante do desenvolvimento do estudo foi feito em cima da escolha de amostras de solos compatíveis com a granulometria do farelo, considerando outros fatores como plasticidade, umidade e grau de retração. No experimento de Silva *et al.* (2005), foram confeccionados quatro tijolos com diferentes traços de resíduo e solo:

- TIJOLO 1 e TIJOLO 2 – 100% solo.
- TIJOLO 3 – 80% solo e 20% resíduo.
- TIJOLO 4 – 60% solo e 40% resíduo.

Moldados em fôrmas de madeira, Segundo Silva *et al.* (2005) após o período recomendado para completa secagem dos tijolos, estes seriam submetidos a ensaios

de caracterização como retração, absorção de água e resistência à compressão simples, para que se ateste a viabilidade técnica do uso do resíduo como estabilizante de solo na fabricação de componentes construtivos. Verificou-se durante a fase de moldagem e desforma, que a amostra que possui maior quantidade de resíduo em volume (TIJOLO 4) apresentou maior tendência a desagregação da mistura, apresentando desagregação durante o transporte e várias fissuras já no segundo dia de secagem. Logo, é necessário trabalhar com teores de resíduo inferior a 40% em volume. Os tijolos confeccionados apenas com barro e água (TIJOLOS 1 e 2) apresentaram aspecto consistente, comparáveis ao TIJOLO 3, com 20% de resíduo em massa.

Contudo, Carvalho *et al.* (2018) sugere a necessidade de mais pesquisas sobre esta cinza visando tornar viável sua utilização, tendo em vista suas elevadas características contaminantes que durante descarte agredem o meio ambiente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Hoje, embora o avançar da tecnologia esteja em um processo de evolução cada vez mais feroz, muitas pesquisas estejam sendo desenvolvidas e haja muita gente se interessando pelo assunto, ou até, já empenhada em tentar buscar uma medida para a diminuição dos impactos ambientais, que a indústria de um modo geral causa na natureza, é fato que muitas pesquisas ainda não estão sendo colocadas em prática.

A falta de experiência no manuseio, por parte dos profissionais, ou o bloqueio para com novos materiais, insumos que até então eram tratados como rejeito, bem como também a falta de incentivo por parte de todos os setores, sejam eles de empresas privadas ou públicas, promovem uma dificuldade para que a inserção de novas técnicas possam ser melhor estudadas, aperfeiçoadas e aplicadas na contemporaneidade.

A utilização de resíduos vegetais no setor da construção civil é, sem dúvidas, uma medida que pode ajudar na diminuição desses impactos. Segundo órgãos pesquisadores, este setor da indústria é responsável por uma quantidade considerável de resíduos sólidos que existem no mundo.

Paralelo a estes resultados, temos a quantidade de resíduo que é gerado no setor agroindustrial e que tem potencial para ser utilizado como fonte de matéria-prima, bem como para melhoramento do recurso convencional.

Tal aplicação já reduziria em boa parte, uma parcela do material natural que é retirado da natureza para este fim, concomitantemente estaria sendo feita uma redução no montante que é gerado pela atividade agrícola.

A remate, vale salientar a necessidade de que novos profissionais da área se engajem mais nessa perspectiva de futuro, para que os limites da natureza de um planeta insustentável sejam sequer respeitados, e deleitemos de serviços limpos com profissionais entusiasmados na composição do cenário ideal de construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akatu: Consumo Consciente para um futuro sustentável. **Do Prato para a Obra**. 2010. Disponível em: <https://www.akatu.org.br/noticia/do-prato-para-a-obra/>. Acesso em: 22 dez. 2018.

ALI, F. H.; ADNAN, A.; CHOY, C. K. **Geotechnical Properties of a Chemically Stabilized Soil from Malaysia Witch Rice Husk Ash as an Additive**. Geotechnical and Geological Engineering. 10 v, n. 2, p. 117 – 134, Amsterdam, 1992.

ANDRÉ DE FARIAS BRAZ. **O Papa defende o concreto sustentável**. 2010. Disponível em: <http://andrefariasbraz.blogspot.com/2010/12/o-papa-defende-o-concreto-sustentavel.html>. Acesso em: 3 mar. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12653: Materiais pozolânicos – Especificação. Rio de Janeiro, 1992.

Biomassa & Bionergia. **Casca de arroz: Uma alternativa para geração limpa**. Disponível em: <https://www.biomassabioenergia.com.br/imprensa/casca-de-arroz-uma-alternativa-para-geracao-limpa/20120604-134829-y706>. Acesso em: 2 mar. 2019.

CARVALHO, L. F. G. B. de.; MELO, J. B. S. de.; FONSECA, A. P.; GUIMARÃES, F. S.; LIMA, J. M.; PACHA, J. R. S. **Origem e aplicação de cinzas vegetais na construção civil**. 2018. Even3 – Plataforma de Gestão de Eventos Científicos. Disponível em: <https://even3.azureedge.net/anais/47500.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2019.

CASCAVILHA. **Estudo Analisa A Utilização Das Fibras Do Caroço Do Açaí Na Indústria Da Construção Civil**. 2013. Disponível em: <http://cascavilha.com.br/site/mundo-simples/estudo-analisa-a-utilizacao-das-fibras-do-caroco-do-acai-na-industria-da-construcao-civil/>. Acesso em: 21 fev. 2019.

CICLOVIVO. **Pesquisadores brasileiros usam o bagaço da cana para descontaminação ambiental**. 2017. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/planeta/desenvolvimento/pesquisadores-brasileiros-usam-o-bagaco-da-cana-para-descontaminacao-ambiental/>. Acesso em: 5 mar. 2019.

COIMBRA, D.B.; OLIVEIRA, F.C. de. **Motivação e condicionantes para a gestão ambiental nas maiores indústrias exportadoras do estado do Ceará**. Caderno EBAPE. BR. Rio de Janeiro, vol. 3 n. 3, 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-39512005000300009. Acesso em: 12 fev. 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Análise Mensal Castanha de Cajú**. Setembro de 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 23 fev. 2019.

CORREA, J. C. C.; FERREIRA, F. F.; GUIMARÃES, R. De C. M. **Tijolos ecológicos de bagaço de cana-de-açúcar**. Revista EPeQ/Fafibe on-line, 5ª edição, 2013.

Disponível em:

<http://www.unifafibe.com.br/revistasonline/arquivos/revistaepqfafibe/sumario/27/05022014173529.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2019.

DEGANI, Clarice Menezes. **Sistema de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios**. 2003. 263 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Escola Politécnica Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE BANCOS. Construção Sustentável. In: CAFÉ COM SUSTENTABILIDADE, 17, 2010, São Paulo. Disponível em:

<http://www.febraban.org.br/7Rof7SWg6qmyvwJcFwF7l0aSDf9jyV/sitefebraban/17%BACaf%E9%20com%20Sustentabilidade-Constru%E7%E3o%20Sustent%E1vel.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2019.

FONSECA, Gustavo Celso da. **Adições minerais e as disposições normativas relativas à produção de concreto no Brasil: uma abordagem epistêmica**. 2010. 106 f. Dissertação (título de Mestre em Construção Civil) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

GONZAGA COSTA. **Preço da castanha-de-caju no RN é o mais caro do Nordeste**. 2015. Disponível em: <http://gonzagacosta.blogspot.com/2015/04/preco-da-castanha-de-caju-no-rn-e-o.html>. Acesso em: 3 mar. 2019.

JOHN, Vanderley M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição a metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. 113 f. Tese (Título de Livre Docente) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

LIMA, Sofia A. **Análise da viabilidade do uso de cinzas agroindustriais em matrizes cimentícias**: estudo de caso da cinza da casca da castanha de caju. 2008. 160 p. Dissertação (Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

LOPES, Bárbara C. S.; BRITTO, A. F. S. De; SARMENTO, A. P.; DELALIBERA, R. G. **Análise da viabilidade da utilização da cinza de bagaço de cana-de-açúcar como substituição parcial do cimento Portland**. Revista REEC, vol. 9, nº 3, p. 32-40, 2014. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/32023>. Acesso em: 5 mar. 2019.

LOURENÇO, P. B.; BRANCO, J. M. **Dos abrigos da pré-história aos edifícios de madeira do século XXI**. 2012. Disponível em: https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/26503/1/Lourenco_Branco.pdf. Acesso em: 10 fev. 2019.

MARINS, L. F. B.; VIEIRA, J. H. A.; RABELO, A. A.; FAGURY NETO, E. **Incorporação da cinza do caroço de açaí em formulações de cerâmica estrutural**. 21º CBECIMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. 09-13 nov. 2014, Cuiabá. Disponível em:

<http://www.metallum.com.br/21cbecimat/CD/PDF/116-003.pdf>. Acesso 22 de fev. 2019.

MEHTA, Povindar K.; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994.

NEVILLE, Adam. M. **Propriedades do Concreto**. Trad. Salvador E. Giammusso. 2ª ed. rev. atual. São Paulo: Pini, 1997.

OLIVEIRA, Talita Yasmin Mesquita de. **Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações**. 2015. 114 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

PAPIRO E NANQUIM. **Arquitetura e seus questionamentos**. 2013. Disponível em: <http://papiroenanquim.blogspot.com/2013/02/arquitetura-e-seus-questionamentos.html>. Acesso em: 14 fev. 2019.

R7. **Estudante descobre como aproveitar o caroço do açaí**. Disponível em: <http://recordtv.r7.com/fala-brasil/videos/estudante-descobre-como-aproveitar-o-caroco-do-acai-06102018>. Acesso em: 3 mar. 2019.

RIBEIRO, Nelson Pôrto. **Contributo Para Uma ‘História Da Construção’ No Brasil**. Anais XXVI Simpósio Nacional de História. 2011, São Paulo. São Paulo: UFES, 2011.

ROCHA, J. De S.; PONTES, C. L. F.; CÂMARA, V. M. O. Da.; RAMOS, K. B. L.; BESSA, T. M. F. **Aproveitamento de fibras vegetais para a construção sustentável**. Revista Ibict, Brasília, v. 6 n. 2, p.42-47, jan./jun. 2013. Disponível em: <http://revista.ibict.br/inclusao/article/viewFile/1738/1944>. Acesso em: 22 dez. 2018.

ROCHA, Janaíde Cavalcante; CHERIAF, Malik. **Aproveitamento de Resíduos na Construção**. 2003. In: COLETÂNEA HABITARE. Utilização de resíduos na construção habitacional. Vol. 04. p. 72-93.

RODRIGUES, Michelle. **Caracterização de cinza residual da queima de casca de arroz para a produção de argamassa**. 2008. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual De Campinas Faculdade De Engenharia Agrícola, Campinas, 2008.

SANTO, Vitor Mateus Ferreira. **Engenharia Civil: A importância do Engenheiro Civil na sociedade**. [2012?]. Disponível em: <http://www.rieli.com.br/profissao/pb33.htm#inicio>. Acesso em: 4 jan. 2019.

SANTOS, F. N. dos; BATTISTELLE, R. A. G.; HORI, C. Y.; JULIOTI, P. S. **Importância da avaliação do ciclo de vida na análise de produtos: possíveis aplicações na construção civil**. 2011. Revista GEPROS, São Paulo, Ano 6, nº2, p 57-73, Abr-Jun/2011.

SANTOS, H.; JUNGER, D. L.; SOARES, A. B. **Cascas de Arroz: Uma Alternativa Promissora**. 2014. Orbital: The Electronic Journal of Chemistry, Vol. 06, nº 4, p. 267-275, Out-Dez/2014.

SENADO. **Protetor Solar de Castanha de Caju**. 2012. Disponível em: <https://www.senado.gov.br/noticias/TV/Video.asp?v=162287>. Acesso em: 4 mar. 2019.

SESSA, Thiago da Cruz. **Avaliação da utilização da cinza do bagaço de cana-de-açúcar em concreto usando construções residenciais de menor impacto**. 2003. 98 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

SILVA, A. C. da; LIMA, S. A.; LEITE, R. C. V.; PAULA, F. De S.; SOARES, R. Do N.; LIMA, L. C. **Utilização do resíduo da castanha do caju na confecção de tijolos de terra crua (adobe): alternativas para redução do custo final de moradias de interesse social no Brasil**. In: Anais X Encontro de Geógrafos da América Latina, São Paulo, 2005.

TAPAJÓS, L. S.; SILVA, A. G. A. da; SILVA, F. F. da; REIS, F. J. L.; LIRA, M. V. P.; SOUZA, P. S. L. **A influência da cinza do caroço de açaí em propriedades mecânicas e absorção de água de concretos**. Anais do 56º Congresso Brasileiro do Concreto. ed. Belém – Pará: [s.n.], 2014.2 p.

UNIVERSO AGRO. **Estudo aponta diminuição na área plantada na cana-de-açúcar em São Paulo**. 2015. Disponível em: <http://www.uagro.com.br/editorias/agricultura/cana-de-acucar/2015/03/18/estudo-aponta-diminuicao-na-area-plantada-na-cana-de-acucar-em-sao-paulo.html>. Acesso em: 4 mar. 2019.

ZUCCO, Lóris Lodir. **Estudo da viabilidade de fabricação de placas de compósitos à base de cimento e casca de arroz**. 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1999.